



ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA GELİŞMELER

EDİTÖRLER

PROF. DR. ALİ MUSA BOZDOĞAN

PROF. DR. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN

PROF. DR. NİLDA ERSOY

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Gelişmeler

Editörler

**Prof. Dr. Ali Musa Bozdoğan
Prof. Dr. Nigar Yarpuz Bozdoğan
Prof. Dr. Nilda Ersoy**

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Prof. Dr. Ali Musa Bozdoğan &
Prof. Dr. Nigar Yarpuz Bozdoğan & Prof. Dr. Nilda Ersoy

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Aralık, 2024

Yayımcı Sertifika No
45813

Matbaa Sertifika No
47381

ISBN
978-625-6653-01-7

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres:Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480, Mamak,
Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuskitap.com
e-mail: platanuskitap@gmail.com

PLATANUS PUBLISHING®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	7
Narenciye Budama Mekanizasyonu ve Kullanılan Makinaların Karakteristikleri	
Emin Bilgili & Ali Aybek	
BÖLÜM 2.....	23
Zehirli Bitkiler ve Özellikleri	
Eray Tulucucu	
BÖLÜM 3.....	33
Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Tarım Topraklarının Korunması ve Potansiyel Riskler	
Gülşen Keskin	
BÖLÜM 4.....	53
Türkiye'de Tarımsal Üretimdeki Kayıpların Ekonomik Etkileri	
Gülşen Keskin	
BÖLÜM 5.....	71
Mersin'de Karnabahar (<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>botrytis</i>) Yetiştiriciliğinde Mevcut Durum Analizi	
Garip Yarşı	
BÖLÜM 6.....	81
Patateste Kök-Ur Nematodlarıyla İlgili Çalışmaların Bibliyometrik Analizi	
Zeynep Yumlu & Emre Evlice	
BÖLÜM 7.....	93
Mikotoksinler	
Muhammed Tatar & Meliha Feryal Sarıkaya	
BÖLÜM 8.....	123
Yapay Açıklıklı Radar(Sar) Sistemleri ve Tarımsal Ürün İzlemede Kullanımı	
Namık Kemal Sönmez	
BÖLÜM 9.....	147
Tavus Kuşu Yetiştiriciliği	
Gülce Kırbaş & Kemal Kırıkçı	

BÖLÜM 9..... 171

Bazı Parfüm Bitkileri ve Tarihte Parfüm

Eray Tulukcu

BÖLÜM 10..... 183

Makarnalık Buğday Üretimi ve Kalitesi

Merve Yıldız & Asuman Kaplan Evlice

BÖLÜM 11..... 199

Döl Verim Parametrelerinden Servis Periyodunun Süt Sığırıcılığı

İşletmelerinin Gelir ve Giderlerine Etkisinin Belirlenmesi

Hakan İmamoğlu & Duygu Aktürk

BÖLÜM 12..... 225

Farklı Sulama Yöntemleri ile Yetiştirilen Çeltiğin Girdi Kullanım ve Üretim

Maliyetleri Üzerine Etkisi

Duygu Aktürk & Şener Özdemir

BÖLÜM 13..... 239

Kağıdı Yeniden Düşünmek: Endüstri 4.0 ve Ötesi

Ahmet Bora Kırklıkçı

BÖLÜM 13..... 249

Sekonder Metabolitler

Meliha Feryal Sarıkaya & Muhammed Tatar

BÖLÜM 14..... 263

Antimikrobiyal Özellikli Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Gıdalarda Kaplama

Maddesi Olarak Kullanımı

Oktay Tomar

BÖLÜM 15..... 287

Yapay Zekâ ve Tarımda Kullanım Alanları

Sinan Kartal

BÖLÜM 16..... 305

Mısır Bitkisine Uygulanan Bazı Organik Materyaller

Ayşe Gülgün Öktem & Abdullah Öktem

BÖLÜM 17.....	317
Biyotik Stres Koşullarına Dayanıklılığın Fizyolojik Esasları	
Melike Kaya & Tolga Karaköy	
BÖLÜM 18.....	327
Baby Corn (Bebek Mısır)	
Abdullah Öktem & Ayşe Gülgün Öktem	
BÖLÜM 19.....	343
Domates Yetiştiriciliğinde Fusarium Solgunluk Hastalığı ve Kök-Ur Nematoduna Karşı Biyolojik Mücadeleye Dayalı Uyarılmış Dayanıklılık	
Şerife Evrim Arıcı & Fatma Gül Göze Özdemir	
BÖLÜM 20.....	379
Balıklarda Sindirim Fizyolojisi Ve Anatomisi	
Mücahit Yüngül & Mustafa Dörücü	
BÖLÜM 21.....	397
Tarımsal Su Planlama Sorunları	
Gözde Hafize Yıldırım	
BÖLÜM 22.....	405
Tuz Stresinin Bitkilerin Büyüme ve Gelişme Dönemlerine Etkisi	
Gözde Hafize Yıldırım	
BÖLÜM 22.....	411
Marmara Bölgesinde Yapılan Silaj Türleri ve Besin Madde İçerikleri Üzerine Araştırmalar	
Bahri Işık & Cemal Polat	
BÖLÜM 23.....	423
BENZO(a)PYRENE ve Yemlerdeki Risk Düzeyi	
Necati Altındış & Cemal Polat	
BÖLÜM 24.....	433
Türkiye’de Organik Tarım ve Geleneksel Tarım	
Muvahhid Kılıçarslan	

BÖLÜM 25 445

**Ormancılık ve Orman Ürünleri Mesleki Disiplin Konusunda Hazırlanan
Kırsal Kalkınma ve Sosyal Ormancılık Çalışmalarının Bibliyometrik Analizi**

Damla Yıldız445

BÖLÜM 26 473

**Balıklardaki Patojen Mikroorganizmalar Üzerinde Bitki Ekstraktlarının
Kombinasyonunun Antimikrobiyal Etkisi**

Ebru Polat Özmen & Nermin Karaton Kuzgun & Pınar Erecevit Sönmez



BÖLÜM 1

Narenciye Budama Mekanizasyonu ve Kullanılan Makinaların Karakteristikleri

Emin Bilgili¹ & Ali Aybek²

¹ Doç. Dr., Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Adana/Türkiye
ORCID: 0000-0002-4191-0540

² Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü,
Kahramanmaraş/Türkiye ORCID: 0000-0003-3036-8204

1. GİRİŞ

Narenciye ya da turunçgiller, turunç, portakal, mandalina, greyfurt ve limon gibi ekonomik değeri yüksek olan Citrus cinsi meyve ağacı türlerini de içine alan bir bitki topluluğudur.

Türkiye, narenciye üretiminde dünya piyasasında ilk 8. sıralarda yer almakta ve Dünya üretiminin %4'ünü karşılamaktadır. Türkiye’de turunçgiller, 2023 yılı için toplam meyve üretimi yaklaşık $8 \cdot 10^6$ ton gerçekleşmiş ve bu değer ülke genelindeki tüm meyve üretiminin %28,74’nü oluşturmaktadır [1]. Son yıllarda, meyve fiyatları sabit dururken veya düşerken maliyetler sürekli arttığı için bu ürün önemli ekonomik sorunlar yaşamaktadır [2, 3]. Narenciye üreticilerinin rekabet gücünü artırmak için maliyetlerde bir düşüş sağlanmalıdır ve tarım uygulamalarının mekanizasyonu önemli bir faktördür [4]. Türkiye’de narenciye üretiminde, hasat işleminden sonra en pahalı ikinci iş budama işlemidir. Genel olarak, manuel budama maliyetleri, narenciye üretiminin toplam maliyetinin %10 ila %15’ini temsil eder [5] ve toplam işçilik maliyetlerinin %30 ila %50’sini oluşturur [6, 7]. Sonuç olarak, üretim girdi maliyetlerinde budama mekanizasyonu, maliyetleri düşürmede en uygun yöntemlerden biri olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada, narenciye budaması mekanizasyonuna ilişkin yapılan bazı önemli çalışmalar, bu alanda kullanılan traktör ve budama makinelerinin karakteristikleri incelenmiştir.

2. NARENCİYE BUDAMA MEKANİZASYONUNA İLİŞKİN YAPILAN BAZI ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ

Turunçgil yetiştiriciliğinde budama uygulamaları, vejetatif büyüme ve üreme arasında kabul edilebilir bir dengeye ulaşmak için bitki sağlığını desteklemede önemlidir. Bu durum turunçgil mahsulünün gelişiminin birçok aşamasında önemli bir faktördür [8]. Budama, turunçgillerde dönüşümlü meyve verme davranışını, meyvenin kendisini veya verimi kontrol etmek için kullanılabilir [9, 10, 11, 12]. Ek olarak, budama verimsiz ve/veya hasarlı dalları kaldırır, ağaçtaki fazla meyveyi azaltır ve besin maddelerinin daha iyi dağılmasını sağlar, böylece daha büyük meyveler elde edilir. Genel olarak, ağacın budamaya verdiği tepki, çeşit, anaç, ağaç yaşı, büyüme koşulları, büyüme mevsiminde budama zamanı ve üretim uygulamaları dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır [13, 14]. Ayrıca, meyvenin verimliliğini ve kalitesini doğrudan veya dolaylı olarak değiştirebilen ağaçların etrafındaki mikro iklimi de etkiler; örneğin, zararlıların ve hastalıkların aktivitesini kolaylaştırmak veya engellemek, güneş radyasyonunun oluşumunu etkilemek vb. [15, 16].

Turunçgillerde elle budama esas olarak el makasları ve testerelerle yapılır; elektrikli veya havalı veya hidrolik makaslar ve zincirli testereler gibi güç destekli aletlerin kullanımı yaygın değildir. Bununla birlikte, özellikle elektrikli aletler olmak üzere, bunlar çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Buna karşılık, İtalya gibi diğer ülkelerde, bu işlem için pnömatik sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır [8]. Elle budamanın avantajı, budayıcının hangi dalı budayacağına karar verebilmesidir ve bu nedenle, bu karar mahsul bilgisine dayanıyorsa, budama neredeyse mükemmel olacaktır. Ancak, bu yöntemin dezavantajları da vardır; bir yandan yavaş ve yüksek maliyetlidir, diğer yandan, düzgün bir şekilde budamayı bilen insanlardan oluşan uzman işgücü eksikliği vardır.

Mekanik budama seçici değildir ve ağaçların çevresine, yüksek noktasına (taç üstü/tepesi), yanal (yanları/kenarları) ve alçak dalları (etek) keser/budar. Ancak, bu işlemler budama yoğunluğuna (daha fazla veya daha az derinliğe ulaşma), eğim açısına ve zamanında bitirme tarihine fırsat verir [17, 18], Aşırı ve kontrolsüz budama ağaçların iç kısımlarının güneşe maruz kalmasını etkileyebilir, zararlılara veya hatta dona karşı hassas olabilecek yeni sürgünlerin yayılmasını teşvik edebilir [19, 20].

1950'lerde ABD'de narenciyede mekanik budama ile ilgili ilk deneyimler gerçekleştirildiğinden beri [21, 22, 23], diğer narenciye yetiştirme bölgelerinde verim üzerindeki etkisiyle ilgili tartışmalı sonuçlarla farklı çalışmalar yürütülmüştür. Bazı araştırmacılar manuel ve mekanik budama arasında verim açısından fark bulamamış. Bununla birlikte, verimlilik veya ekonomik etkilerin analiz edildiği tüm çalışmalar, budama işleminin daha yüksek verimliliğe faydalı olduğu konusunda hemfikirdir.

İspanya'da, Ortiz-Cañavate [24] ile Zaragoza ve Alonso [25], portakal çeşitlerinden “W. Navel” için mekanik budama ile elle budama veya budama yapılmaması arasında verim açısından bir fark olmadığını, “Salustiana” için ise mekanik budamanın diğer uygulamalara kıyasla verimi önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Raciti vd. [26], İtalyan koşullarında üç yıl boyunca, “Feminello comune” çeşidindeki limonlarda, mekanik budama yapılan uygulamalarda daha düşük olmasına rağmen, diğer ürünlerde ortalama olarak verimde hiçbir fark olmadığını ifade etmişlerdir. Portakallarda, “Tarocco” ve ‘Sanguinello’ çeşidinde, şiddetli mekanik budama, budama yapılmayan duruma göre verimi düşürdüğü ve mandalinalarda “Avara” çeşidinde hiçbir fark olmadığı görülmüştür. Hafif mekanik budamanın hiçbir tür veya çeşitte verimi düşürmediği sonucuna varmışlardır.

Spina vd. [27], üç yıl boyunca “Tarocco” portakal çeşitleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada, uygulamalar arasında verim, meyve boyutu ve meyve niteliksel özelliklerinde önemli bir fark bulunamadığı, budama zamanı; geleneksel aletlerle manuel budamada 562 h ha⁻¹ ve pnömatik aletlerle budamada 302 h ha⁻¹ gerektirirken, mekanik budamada 5,4 h ha⁻¹ gerektiği tespit edilmiştir.

Kaliforniya'da, Kallsen [28], “Frost Nucellar” göbekli portakalında şiddetli elle budamanın, orta düzeyde budama uygulamaları veya budama yapılmaması açısından toplam verimi ve albenisi yüksek meyveleri önemli ölçüde azalttığını gözlemlemiştir. Şiddetli tepe kesme, toplam verimi azaltmıştır, ancak verim ile meyve sayısı ve meyve boyutu açısından tepe kesme uygulamalarının yoğunluk seviyeleri arasında önemli bir fark bulunamamıştır. Dört yıl boyunca, mekanik olarak budanan ağaçlar, şiddetli veya orta düzeyde elle yapılan uygulamalarla aynı veya daha fazla en değerli boyutta meyve üretmiş ve budama maliyetleri daha düşük olmuştur.

Mendonça vd. [29], “Ponkan” mandalina çeşidinin yetişkin ağaçlarında, ilk bir yıllık şiddetli tepe budamasından sonra tepe budamasının verimi düşürdüğü, sonraki yıllarda bitkilerin iyileştiğini tespit etmiştir. Ayrıca, etekleri budanan, budanmayanlara göre daha yüksek verim vermiştir.

Yıldırım vd. [30], tepe budama ve çit budama işlemlerini birleştiren mekanik budama uygulamaları kullanıldığında en yüksek greyfurt üretim seviyelerini elde ettiklerini ve en kötü üretim, yalnızca tepe budamasından oluşan yaklaşımlarda olduğunu tespit etmişlerdir.

Velázquez ve Fernández [31], manuel budama sonrası mekanik budamanın, manuel budamaya kıyasla verimi 30 kg ağaç⁻¹ artırdığını, ancak benzer maliyetlerle, yani kârlarda artış anlamına geldiğini belirtmiştir. Mekanik budama sistemlerinin üretkenliği için zaman gereksinimi 1,3 ile 5,4 h ha⁻¹ arasında değişirken, mekanik budaması sonrası manuel budama için 66,6 – 80,5 h ha⁻¹ ve sadece manuel budama için 107,2 h ha⁻¹ gerektirdiğini ifade etmiştir. Sonuç olarak, mekanik budama içeren tüm sistemler, görevi tamamlamak için gereken süreyi azaltma becerisi göstermiştir.

Mekanik budama, genel olarak budama maliyetlerini ve uygulama sürelerini azaltır, ancak üretim üzerindeki etkileri tür ve çeşitlere, ayrıca uygulanan budamanın tipine (yanal, tepe veya etek) ve yoğunluğuna bağlı olarak oldukça değişken olabilir. Bu nedenle genel formüller elde etmek mümkün olmayıp, bitkinin gücü, budama takvimi gibi faktörler de çok önemli olduğundan, her çeşit ve yetiştirme sistemi için denemeler yapmak gerekir.

3. BUDAMADA KULLANILAN TRAKTÖR VE MAKİNELERİN KARAKTERİSTİKLERİ

Budama ve meyve ağacı dallarını kesme makinalarının, tasarımcılarına ve operatörlerine, daha gelişmiş makinalar tasarlama ve mevcut makinaların performansını artırma konusunda çalışma yapanlara yardımcı olabilecek yararlı bir veri tabanı sağlanması amacıyla bu çalışmalar yapılmıştır. Buna göre; traktör tipi budama makinalarında beklenen bazı genel parametreler şöyle sıralanabilir;

- Tarım traktörü üzerine yapısal değişiklikler yapılarak, monte edilen budama setlerinde, operatör sürücü kabininin konumu ve tasarımı, operatörün makinayı doğrudan veya dolaylı çalıştırması ve operatörün-makinanın çalışma yapılacak alanı görmesi için yeterli görüş açısına sahip olacak şekilde imal edilmiş olmalıdır.
- Budama makinasının, iş güvenliği açısından dönen parçalarından operatörün, zarar görmesini engelleyici muhafazaları bulunmalıdır.
- Budama makinasının, kesici parçalarının hareketi, sadece bas-çalıştır veya tut-çalıştır tipi kumanda hareket yapısında olmalıdır.
- Budama makinasının, kumanda tertibatı ilgili çalışma alanında işle-timi esnasında bağlantının beklenmedik bir şekilde kesilmesi durumunda, kumanda kaybını engelleyecek tarzda güvenlik tertibatı ile makina monte edilmelidir.
- Budama manikası yol ve iş durumlarına kolayca ayarlanabilir yapıda olmalıdır.
- Traktör tipi budama makinası genel ve yapısal bakımdan; kesici organlarına göre makaslı, diskli, parmak vb. şekilde sınıflandırılır. Budama setlerinin tarım traktörü üzerinde montaj şekline göre ataşman, makina ön veya arka hidrolik sistemine takılı, makina üzerinde yapısal değişiklik yapılarak kendi yürür tip hale getirilmiş vb. şeklinde bir sınıflama yapılabilir. Budama makinası güç kaynağına göre kayış-kasnak, hidrolik, pnömatik veya elektrik vb. şeklinde sınıflandırılabilir.
- Budama setlerinin, tarım traktörüne montajı gerçekleştirildikten sonra, makinanın yol durumunda toprak zeminden yüksekliği en az 200 mm olmalıdır.

- Budama seti montajı sonucu, tarım traktöründe yapılan yapısal değişiklikler hali hazırda makinenin kendi-yürür hale gelmesi durumunda, yürüme organlarının yeni duruma uygun olacak frenleme düzeni tasarlanmalıdır.
- Budama seti montajı yapılan tarım traktörü, TS 5776'ya göre aydınlatma, ışıklandırma ve sinyalizasyon kurallarına uygun olmalıdır.
- Budama seti montajı sonucu, tarım traktörü TS ISO 4004'e göre kendi yürür ve dingilli tekerlekli makinaların iz genişlikleri uygun tasarlanmalıdır.
- Budama makinasının, güvenlik ile ilgili kısımları TS EN 703+A1 ve TS EN ISO 4254-12'ye uygun olmalıdır.
- Tarım traktörünün üç nokta askı düzenine asılarak çalıştırılacak makinaların üç nokta bağlantı düzeni TS 660'a uygun monte edilmelidir.
- Temel güç tahrikini traktör kuyruk milinden alan, makinaların ara şaftları TS 557'e göre uygun ölçülere sahip olmalıdır.
- Budama makinası, aşırı yüklenme koşullarında çalışan sistem organları hasar oluşmasını önleyecek emniyet düzeneklerine göre tasarlanmalıdır.
- Budama makinasına ait tüm koruyucu mahfazalar, kumanda ve ayar mekanizmaları, binme araçları ve hidrolik bileşenler TS EN ISO 4254-1'e uygun olmalıdır.
- Budama makinasında kullanılan ağaç kesici diskler, DIN 5134-4'e göre boyut ve toleranslara uygun olmalıdır.
- Budama makinasının üzerine monte edileceği tarım traktörünün şasesi üzerine gelen bütün yükleri emniyetle taşıyabilecek dayanıklılıkta olmalıdır.
- Budama makinası, montajı yapılan tarım traktörü toplam ağırlığı toprak sıkışıklığına yol açmayacak şekilde (bahçe bitkisinin kabul edilebilir sıkışıklığına göre penetrasyon direnci 3 MPa'ı geçmemelidir) ve traktör tekerlek genişlikleri bu yükü toprağa yayabilecek yapıda ve ölçüde olmalıdır.

Budama makinasının teknik karakteristiklerinin belirlenmesi

Traktöre takılan budama makinasının genel parçaları, tarım traktörü, kabin korumalı operatör alanı, hidrolik güç merkezi, uzatma-yönlendirme kolu ve zincir dişli mekanizması, kesme başlığı ve kesici disklerden oluşan bir budama ünitesi, hidrolik motor ve hidromotorlar, hidrolik silindir ve kayış kasnaklardan oluşmaktadır.

Budama makinalarının tarıma uygunluk tasarımında esas alınan standartlar

Bu tip makinaların, muayene ve değerlendirmelerinde en son yayınlanan Türk Standartlarının kullanılması gerekmektedir.

TS ISO 4004 Tarımsal Traktör Ve Makineler-İz Genişliği. TS 5776 Tarım Makinalarında Aydınlatma, Işıklandırma Ve Sinyalizasyon Kuralları. TS 660 Üç Nokta Askı Düzeni, Tekerlekli Tarım Traktörlerinde Hidrolik Kumandalı Standartları. TS 557 Tarım Traktörlerinin Kuyruk Mili Standartları. DIN 5134-4 Ağaç İşleme İçin Testere Bıçakları; Takım Çeliğinden Daire Testere Bıçaklarının Teknik Koşulları. TS EN ISO 4254-1 Tarım Makinaları Güvenlik- Bölüm 1: Genel Kuralları. TS EN ISO 5131 Akustik- Tarım ve Ormancılıkta Kullanılan Traktör ve Makinalar-Operatör Konumunda Gürültünün Ölçülmesi-Gözlem Metodu.

Traktöre Takılan Budama Makinaları; Bahçe Bitkileri Bakımı Makina ve Ekipmanları sınıfında değerlendirilip, laboratuvar ve bahçe deneyleri belirlenen kriterlere göre test-deneyi yapılmaktadır. Bu makinaların yapısal özellikleri yönüyle kullanılmaya elverişli olup-olmadığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Makinaları ve Tarım Teknolojisi Araçlarının Deney İlke ve Metotları kapsamında; belirlenmiş olan ölçüm yöntemleriyle değerlendirilmektedir. Bu testte; Makinanın teknik karakteristikleri, Budama başlığı hareket iletim düzenlerinin sertlik ölçümleri, Budama başlığı özellikleri, Yönlendirme kolu özellikleri, Hidrolik sistem özellikleri, Traktör özellikleri, Uyarıcı (güvenlik) işaretleri gibi ölçüm ve gözlemleri yapılmaktadır (Tablo 1).

Budama mekanizasyonunda iş başarısı

Makina iş başarısı değeri (kayıp zamanlar hariç), parsel boyutları (m), bitki durumu (bitki nem ve çapı), sürücünün becerisi, sıra arası mesafe (m) ve ilerleme hızı (km h^{-1}) gibi etkenlere bağlı olarak değişmekle birlikte ilerleme hızına bağlı olarak ortalama değer bulunur. Ayrıca iş verimi en az 20 ağaç saat^{-1} olmalıdır. Budama başarısı;

- ✓ Büyük ölçüde dal tipine bağlı olan dal kesme gerilimi,

- ✓ Bıçak eğim açısı ve dal nem içeriği (%),
- ✓ Bıçağın devir sayısı (d d⁻¹) ve açısı (°) etkili birer parametredir.

Budama üretimi, Eşitlik 1'deki yöntemle [32] hesaplanabilir.

$$P = \frac{1000}{A \times L} \times N \times \left[\frac{L}{1000 \times V} + \frac{G}{60} \right] \quad (1)$$

Burada: P: Birim alanın birim zamandaki budanmasıdır (h ha⁻¹), A ve L: Sıra arası ve sıra uzunluğu mesafesidir (m), N: Her sıra arasında makinanın geçiş sayısıdır. V: Traktörün hızıdır (km h⁻¹), G: Traktörün manevralarda tükettiği zamandır (h).

Budama işgücü maliyeti, Eşitlik 2 yardımı ile belirlenir.

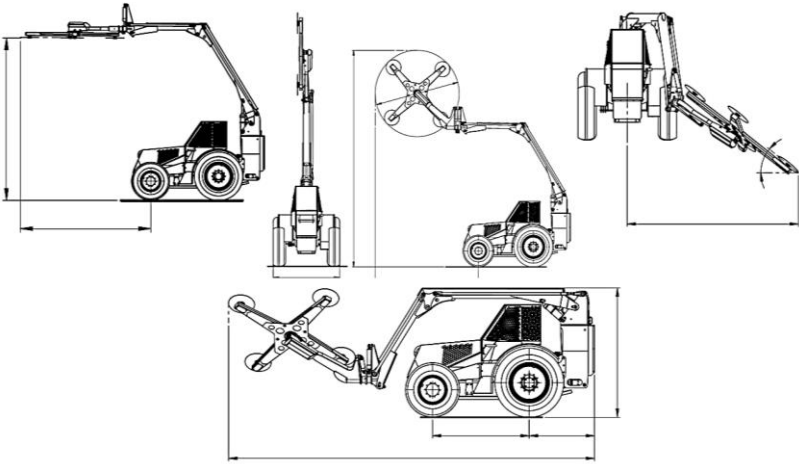
$$\text{İşgücü maliyeti} = \frac{A \times B}{S} \quad (2)$$

Burada; S: Teorik çalışma kapasitesi (Ağaç h⁻¹), A: Saatlik budama maliyeti (TL h⁻¹), B: Bahçedeki bir hektardaki ağaç sayısı (ağaçlar ha⁻¹)'dir.

Düzgün kesilmiş dal

Makina disklerinin düzgün bir şekilde kesebileceği çaptaki dalların (kesme yüzeyinde) dokularına zarar vermeden; sıyrılma, kırılma yâda yaralanma meydana getirmeden kesebildiği dallardır.

Tablo 1. Budama amaçlı kullanılan traktör ve budama makinelerinin yol ve iş durumuna ilişkin teknik karakteristikleri

Traktör özellikleri Azami gücü ve devri (d^{-1} ve Hp) Azami torku ve devri (d^{-1} ve Nm) Motor hacmi (cm^3) Tekerlekler arası aks mesafesi (mm) Toprak aralığı (zeminden) (mm) İz genişliği (mm) Arka tekerlek ortası ile makina arası mesafe (mm) Kabin iç genişliği (dm^3) Traktör ağırlığı (kg) Ön tekerler ölçüleri Arka tekerlek ölçüleri Işıklandırma (ön ve arkada)	Budama başlığı özellikleri Bitki kesme dairesi çapı ($\varnothing$) (mm) Dikey kesme açısı ($^{\circ}$) Yatay kesme açısı ($^{\circ}$) Asgari çalışma yüksekliği (mm) Azami çalışma yüksekliği (mm) Azami kesilebilecek dal çapı ($\varnothing$) (mm) Asgari kesilebilen dal çapı ($\varnothing$) (mm) Disk sayısı (Adet) Disk diş sayısı (Adet) Kesme başlığı kol sayısı (Adet) Asgari kesici disk devri (en az 1000 (d^{-1})) Azami kesici disk devri (d^{-1}) Çalışma koşulları kesici disk devri (d^{-1}) Diskler arası mesafe (mm) Disk sertliği (HRC) (en az 40 HRC) Disk ucunda (HRC) Disk ortasında (HRC)
Budama başlığı hareket iletim düzeni Transmisyon oranı (z oranı) Kesme başlığı dönme yarıçapı (mm) Kesici disk yarıçapı (mm)	Yönlendirme kolu özellikleri Tipi (teleskopik, sabit) Uzunluğu (mm) Çapı (mm) Hareketli organların tahriki
Hidrolik sistem özellikleri Asgari çalışma basıncı (Bar) Azami çalışma basıncı (Bar) Sistemdeki hidrolik sıcaklığı ($< 70^{\circ}C$) Sistem tank kapasitesi (L)	İş verimi ve yakıt tüketimi Günde budanan ağaç sayısı (ağaç $gün^{-1}$) Birim zamanda budanan ağaç sayısı (ağaç h^{-1}) Yakıt tüketimi ($L ha^{-1}$)
	

Ezik (Sıyrılmış) dal

Makinanın kesici diskinin, çeşitli nedenlerle (incelik, geliş açısı, çalışma hızı vb.) ağaçların üzerinde kesemediği ve hasarlı olarak bıraktığı dallardır.

Sıyrık (Kırılmış) dal

Makinanın kesici disklerin, bahçede ağaç budaması esnasında taze dal sürgününü sıyrarak; hasarlı olarak bırakması ve kırmasıyla oluşan dallara denir.

Hatalı kesilmiş dal oranı

Bahçede budama makinası ile çalışma sonrasında, makinanın yeterli düzeyde faydalı bir biçimde çalışıp çalışmadığı aşağıdaki Eşitlik 3 ile sonucu (%) olarak bulunacak değere göre değerlendirilir.

$$HKDO (\%) = \frac{\text{Toplam budanmış dal [düzgün kesilmiş + ezik (sıyrılmış) + sıyrık (kırılmış)]}{\text{Sıyrık (kırılmış) dal sayısı}} \quad (3)$$

Traktör tipi ağaç budama makinası genel olarak; yoğun budama yapılan alanlarda (narenciye bahçeleri, ormanlık alanlar vb.) kullanılmaktadır. Budama yapılan alanlarda genç ağaçlar için makinanın bakım budamasında kanopinin %25'ini, yetişmiş ağaçlar için ise kanopinin %20'sini kaldırabilecek bir yapıda olması beklenir. Meyve bahçeleri ve ormanlık alanlardaki gerçekleştirilecek budama denemeleri sonrasında, budaması yapılan ağaçların dallarındaki düzgün kesilmiş dal, ezik (sıyrılmış) dal, sıyrık (kırılmış) dal sayı ortalamaları belirlenerek farklı ağaç çeşitleri için hızlı, yavaş ve optimum budama, hız kademeleri traktör tipi budama makinası için belirlenir. Bulunan bu veriler Tablo 2'deki gibi bildirilmelidir.

Tablo 2. Budaması yapılan ağaçların dallarındaki düzgün kesilmiş dal, ezik (sıyrılmış) dal, sıyrık (kırılmış) dal sayı ortalamaları

Çalışma Hızlar (m s ⁻¹)	Düzgün Kesilmiş dal (adet)	Sıyrık (Kırılmış) dal (adet)	Toplam Budanmış dal (adet)	Toplam Budanmayan dal (adet)	Hatalı Kesilmiş dal (%)	Trak.motor devri (d d ⁻¹)

Gürültü düzeyi

Budama makinası, gürültü seviyesi TS ISO 5131 standardına göre yapılır. Operatör kulağına gelen gürültünün dB(A) seviyesi tespit edilir. Operatör kulağına gelen gürültünün seviyesi, 85 dB(A)'yı geçmemelidir. Deney 3 şekilde yapılır bunlar sırasıyla;

1. Budama makinası durur vaziyette, tarım traktörü boşa rölantide çalışır durumda,
2. Budama makinası tam gazda boşa çalışır durumda,

3. Tarım traktörü maksimum yükte bahçede budama yapar durumda.

Denge durumu

Üzerine budama makinası montajı yapılmış tarım traktörü, sert zemin üzerinde park edildikten sonra, herhangi bir yönde $8,5^\circ$ eğim açısına kadar dengede kalacak şekilde bırakılmalı ve dengede kalıp kalmadığına kontrol edilir.

Konuya ilişkin yapılan bir uygulama

Traktör tipi budama makinası ile narenciye budaması yapılmıştır. Çalışmada, 76 da'lık 6x2,5 m dikim aralığında, 3 600 adet, 14 yaşında, Mayer limon çeşidi ağacının bulunduğu bahçede; traktöre şaseye bağlı arkadan monteli, toplam 5 460 kg ağırlığında, gücünü kuyruk mili ve bir hidromotordan alan, 65 d d^{-1} ile dönebilen üç kanatlı, kanatlara bağlı 3 adet 600 mm çapında 4 100 d d^{-1} ile çalışan, 200 dişli bir disk (tepsi testere) ile budama deneyleri, ayrıca gürültü deneyi ve denge deneyi ölçümleri yapılmıştır [33].

Elde edilen verilere göre;

Hatalı kesilmiş dal oranı %4,8 olup, kabul edilebilir değer olarak hesaplanmıştır. Makinanın ilerleme hızı, 4,06 km h^{-1} ve yakıt tüketimi 0,9 l da^{-1} olarak ölçülmüştür.

İş verimi 330 ağaç h^{-1} olarak hesaplanmıştır. Makina herhangi bir yönde $8,5^\circ$ eğim açısına kadar dengede kalabilmektedir. Operatöre gelen gürültünün seviyesi, 85 dB(A)'yı geçmemiştir.

Makinanın, ağaçların iki yanı ve tepesinde iki defa budama yapması sonucu traktör teker izinde toprakta 3 MPa penetrasyon direncini (Şekil 1) geçmemiştir. Traktör ile çalışmada, traktör arka tekerleri su ile ağırlık takviyesi önerilebilir.



Şekil 1. Toprak penetrasyon direncinin belirlenmesi

4. SONUÇ

Konuya ilişkin sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Türkiye’de meyve budaması genellikle elle yapılmaktadır. Üretim parsellerinin, engebeli, küçük ve çok parçalı olması nedeniyle budama ve bakım işlemleri çok zaman alıcı ve maliyetli olmaktadır.
- Tarımda işgücü bulmak gün geçtikçe zorlaşmakta, büyük bahçelerde artan bitki yoğunluğuyla birlikte, zamandan tasarruf etmek için makineyle budama ihtiyaç haline gelmektedir.
- Meyve bahçelerinde budama işlemi, ağaçların ekonomik ömrünü, meyve verim ve kalitesini artırmak amacıyla uygulanan bir bakım işlemidir. Bahçenin hasat sonrası bakımında, budamanın diğer tarımsal faaliyetler içerisindeki yeri çok önemlidir.
- Meyvecilikte budamada göz önünde alınacak en önemli faktörler; budama zamanı ve budama tekniğidir.
- Kaliteli meyve üretimi; iyi bakım, bitki beslemeyle birlikte doğru zaman ve yöntemle yapılan budama ile sağlanmaktadır.
- Meyve bahçelerinde uygulanan tarımsal mekanizasyon; üretim maliyetlerinde bir düşüş sağladığından, üreticilerinin pazar rekabet gücünü artırmak için önemli bir faktördür.
- Meyve bahçelerinde mekanik budamaya uygun olmayan ürünlerin elle budanması daha uygun olacaktır.
- Mekanik budamaya uygun olan bahçeler ise en hızlı, ekonomik ve verimli yöntem olarak ortaya çıkmaktadır.
- Mekanik budama elle budamaya göre işgücü açısından en az %25 daha kârlı çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

1. TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. (Erişim Tarihi: 22.10.2024) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535>
2. Fernández-Zamudio, M.A. (2021). La citricultura valenciana, la evolución de sus costes de producción e insumos que los determinan. *Levante Agrícola*, 455, 57–62.
3. Junta de Andalucía. (2024). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Observatorio de Precios y Mercados—Cítricos. Available online: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio/servlet/FrontController?action=Static&subsector=21&url=subsector.jsp>
4. Caballero, P., de-Miguel, M.D. & Fernández-Zamudio, M.A. (2011). Análisis de los costes de producción de cítricos y posibles actuaciones empresariales. *Vida Rural*, 328, 52–57.
5. Mateu, G., Caballero, P., Torregrosa, A., Segura, B., Juste, F. & Chueca, P. (2018). Análisis de la influencia de las operaciones de cultivo sobre los costes de producción en la citricultura de la Comunidad Valenciana. *Levante Agrícola Rev. Int. Cítricos*, 440, 60–64.
6. Martin-Gorriz, B., Martínez-Barba, C. & Torregrosa, A. (2021). Lemon trees response to different long-term mechanical and manual pruning practices. *Sci. Hortic.*, 275, 109700.
7. Chueca, P., Mateu, G., Garcerá, C., Fonte, A., Ortiz, C. & Torregrosa, A. (2021). Yield and Economic Results of Different Mechanical Pruning Strategies on “Navel Foyos” Oranges in the Mediterranean Area. *Agriculture*, 11, 82.
8. Intrigliolo, F. & Roccuzzo, G. (2011). Modern trends of citrus pruning in Italy. *Adv. Hort. Sci.*, 25, 187–192.
9. Bevington, K.B. & Bacon, P.E. (1978). Effect of hedging on the productivity of Valencia orange trees. *Am. J. Expt. Agric. Anim. Husb.*, 18, 591–596.
10. Agustí, M., Martínez-Fuentes, A., Reig, C., Iglesias, D.J., Primo-Millo, E. & Mesejo, C. (2017, 19–23 June). Alleviation of alternate bearing in Citrus by means of mechanical pruning. In *Proceedings of the International Symposium on Flowering, Fruit Set and Alternate Bearing*. Palermo, Italy.
11. Monselise, S.P. & Goldschmidt, E.E. (1982). Alternate bearing in fruit trees. *Am. Soc. Hortic. Sci.*, 4, 128–173.
12. Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Reig, C., Balasch, S., Primo-Millo, E. & Agustí, A. (2020). Mechanical pruning attenuates alternate bearing in ‘Nadorcott’ mandarin. *Sci. Hortic.*, 261, 108993.
13. Fallahi, E. & Kilby, M. (1997). Rootstock and pruning influence on yield and fruit quality of ‘Lisbon’ lemon. *Fruit Var. J.*, 51, 242–246.

14. Vashisth, T., Zekri, M. & Alferez, F. (2021). 2021–2022 Florida Citrus Production Guide: Canopy Management: Chapter 19, CMG16/HS1303, Rev. 4/2021. *EDIS 2021*, 4. Available online: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS1303/HS1303-Dxj7z1csni.pdf>
15. Morales, P., Davies, F.S. & Littell, R.C. (2000). Pruning and skirting affect canopy microclimate, yield and fruit quality of “Orlando” tangelo. *HortScience*, 35, 30–35.
16. Phillips, P.A., O’Connell, N.V. & Menge, J.A. (1990). Citrus skirt pruning—A management technique for Phytophthora brown rot. *Calif. Agric.*, 44, 6–7.
17. Krajewski, A. & Pittaway, T. (2000, 3–7 December). Manipulation of citrus flowering and fruiting by pruning. In *Proceedings of the International Citrus Congresses* (pp. 357–360). Orlando, FL, USA.
18. Martin-Gorrioz, B., Porras Castillo, I. & Torregrosa, A. (2014). Effect of mechanical pruning on the yield and quality of ‘Fortune’ mandarins. *Span. J. Agric. Res.*, 12, 952–959.
19. Tucker, D.P.H., Wheaton, T.A. & Muraro, R.P. (1994). Citrus Tree Pruning Principles and Practices. *UF Coop Ext. Ser.; Fact Sheet HS-144*, 9. Available online: <http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/46/22/00001/CH02700.PDF>
20. Zekri, M. (2018). Mechanical Pruning of Citrus Trees. *UF Coop Ext. Ser. HS1267*. Available online: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1267>
21. Prosser, D. (1955). Hedging practices in Florida citrus groves. *Calif. Citrogr.*, 40, 292.
22. Moore, P.W. & Nauer, E. (1955). Mechanical hedging in California orchards. *Calif. Citrogr.*, 40, 399.
23. Moore, P.W. (1958). Mechanical pruning for citrus. *Calif. Agric.*, 11, 7–13.
24. Ortiz-Cañavate, J. (1979). Mechanical pruning of citrus. *An. Inst. Nac. Investig. Agrar. Tecnol. Agrar.*, 5, 155–167.
25. Zaragoza, S. & Alonso, E. (1981). Citrus pruning in Spain. *Proc. Int. Soc. Citric.*, 1, 172–175.
26. Raciti, G., Spina, P., Scuderi, A. & Intrigliolo, F. (1981). Three years of mechanical pruning of citrus in Italy. *Proc. Intl. Soc. Citricult.*, 1, 175–180.
27. Spina, P., Giuffrida, A. & Melita, E. (1984, 15–20 July). Comparative trials of citrus mechanical and aided pruning. In *Proceedings of the International Society of Citriculture 1, International Citrus Congress* (pp. 106–109). Sao Paulo, Brazil.
28. Kallsen, C.E. (2005). Topping and manual pruning effects on the production of commercially valuable fruit in a midseason Navel Orange variety. *HorTechnology*, 15, 335–341.

29. Mendonça, V., Ramos, J.D., Neto, S.E.A. & Rufini, J.C.M. (2008). Production of 'Poncan' tangerine tree after pruning recovery. *Cienc. Agrotecnol.*, 32, 103–109.
30. Yildirim, B., Yesiloglu, T., Incesu, M., Kamiloglu, M., Ozguven, F., Tuzcu, O. & Kaçar, Y.A. (2010). The effects of mechanical pruning on fruit yield and quality in 'Star Ruby' grapefruit. *J. Food Agric. Environ.*, 8, 834–838.
31. Velázquez, B. & Fernández, E. (2010). The influence of mechanical pruning in cost reduction, production of fruit, and biomass waste in citrus orchards. *Appl. Eng. Agric.*, 26, 531–540.
32. Martin-Gorritz, B., Porras Castillo, I. & Torregrosa, A. (2014). Effect of mechanical pruning on the yield and quality of 'Fortune' mandarins. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(4), 952-959. <https://doi.org/10.5424/sjar/2014124-5795>
33. Bilgili, M.E., Kurt, N., Aykanat S., Mert, C. ve Özkütük A. (2024, 4-6 Eylül). Meyve Bahçelerinde Makinalı Budamada Bazı Parametreler. 35. *Ulusal Tarımsal mekanizasyon ve Enerji Kongresi*. Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir.



BÖLÜM 2

Zehirli Bitkiler ve Özellikleri

Eray Tulukcu¹

¹ Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi Çumra Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tıbbi Aromatik Bitkiler Programı. Konya/Türkiye, Orcid: 0000-0002-1893-144X

GİRİŞ:

Bitkilerle tedavi yolu çok eski yıllardan beri kullanılmaktadır. Türk tarihinde de Lokman Hekim’le ilgili yazılar ve hatta mitolojik olarak ölüme çare bulduğu inanışı insanların doğada tabii olarak yetişen bitkilere ve bunlarla yapılan ilaçlara ilgisini arttırmıştır. İnsanlar çok eski tarihlerden beri zehirler ve panzehirler ile ilgilenmektedir. İlk zehirli maddelerinde bitkisel kökenli olduğu zannedilmektedir. Arkeolojik araştırmalar ilk çağ insanının çeşitli bitkisel kaynaklı zehirleri bildiklerini göstermektedir. Mısır papirüslerinde tıbbi maddeler yanında zehirli maddelerin kayıtlı olduğu ve Sümerlerinde itüzümü ve sütleğen gibi zehirli bitkileri tanıdığı bilinmektedir. Bugün hala ilaç olarak kullanılan Hint Yağı Ağacı (*R. communis*) en eski yazılı toksikolojik kaynaklardan olan *Ebers* papirusunda yer almaktadır. Bu papirusta ayrıca resmi devlet zehri olarak kabul edilmiş ve suçluları öldürmekte kullanılmış Baldıran (*C. maculatum*) ile Belladonna ve Opium alkaloidleri gibi zehirli maddelerin elde edilişine rastlanmaktadır. Sonraki dönemlerde özellikle İslamiyet’ten sonra zehirlenmelere karşı ilgi artmış ve hekimler yazdıkları kitaplarda da zehirli maddelere yer vermişlerdir. Osmanlılarda halk zehirli maddeler ile pek ilgilenmemiştir. O dönemde halk arasında zehirli olarak bilinen başlıca maddeler; gıdaların boyanmasında kullanılan bileşikler, kurşun, cıva tuzları, zehirli bitkisel ürünler, kalayı çıkmış bakır bileşikleri ve yanlışlıkla alınan veya kullanılan droglardır.

Osmanlı döneminde etkili maddesi afyon olan uyuşturucu ve uyutucu madde çocuk macunu olarak İstanbul’da satılıyor ve anneler tarafından çocukları uyutmak için kullanılıyordu. Bu şekilde kullanım bazen ölümlü sonuçlanan zehirlenmelere neden olduğundan hekim ve eczacılar bu maddelerin serbestçe satılmasını önlemek için girişimlerde bulunmaktaydılar. Bu girişimler uzun süre devam etmiş ve nihayet 1884 yılında “aktarlar ve kökçüler nizamnamesi” yayınlanmış ve 1885 yılında yayınlanan “ecza ticareti hakkında nizamname” ile zehirli bileşiklerin satışı kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Osmanlı döneminde zehirlenmelere karşı genel antidot olarak panzehir taşı denilen oluşum kullanılır ve aktarlarda satılırdı.

Türkiye’de yetişen bitkilerin bir kısmı insan ve hayvanlar için zehirli olan bileşikler taşımaktadır. Kırsal bölgelerde yaşayan halkın, yabani bitkilerden faydalanma alışkanlığı, Türkiye’de bitki zehirlenmelerinin başlıca nedenidir. Yanlışlıkla yenen zehirli bitkiler, memleketimizde sağlığa az veya çok zarar verecek derecede zehirlenmelere sebep olmaktadır. Botanik kitaplarında birçok bitki için zehirli olduğu kaydı bulunmaktadır. Aynı zamanda zehirli bitki türlerinin içerdikleri toksik unsurların kimyasal karakter ve oranları ile bu türlerin çeşitliliği ve yaygınlığı; yetiştikleri alanın toprak yapısıyla, iklim özelliğiyle, rutubet durumu

ve herbisit uygulamaları gibi ekolojik ve dış faktörlerle ilişkili olarak bölgesel farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Bu nedenle çeşitli kaynaklarda zehirli olarak adı geçen birçok bitki, yetiştiği yöreye bağlı olarak her zaman zehirlenmelere yol açmamaktadır. Örneğin Türkiye’de yetişen *Solanum pseudocapsicum* türü bitkinin Fransa’daki örneklerinin aksine herhangi bir zehirlenmeye neden olmadığı bildirilmiştir. Bitki zehirlenmelerinde, mantar zehirlenmeleri dışında ölümle sonuçlanan durumlar oldukça nadirdir. Zehirli olduğu bütün kitaplarda kayıtlı ve Türkiye’de yetişmekte olan bazı bitki türleri ile hemen hemen hiçbir zehirlenme ile ölüm olayına rastlanmamıştır. Halen Türkiye’de ölüm ile sonuçlanan zehirlenmelerin çoğunluğu tarımsal mücadele ilaçları ile meydana gelmektedir. Zehirlenmeler genellikle 1–12 yaş arasında çocukların zehirli türleri yanlışlıkla yenebilen türler ile karıştırmalarından kaynaklanmaktadır..

Bitki zehirlenmelerinde ölüm olayının meydana gelmesi alınan miktar yanında şahsın duyarlılığı ve fiziksel yapısına da bağlıdır. Birçok bitki türü az çok zehirli etkisi bulunan bileşikler taşımakla beraber pratikte bir öneme sahip değildir. Zira bu bitkiler ile zehirlenmelerin görülebilmesi için çok yüksek miktarlarda alınmaları gerekir.

Memleketimizde bitki zehirlenmeleri genellikle aşağıdaki sebeplerden ileri gelmektedir.

- 1) Bir hastalığın tedavisi için kullanılan bitkiden aşırı miktarlarda alınması,
- 2) Tıbbi bitki yerine zehirli bir bitkinin kullanılması,
- 3) Gıda olarak kullanılan bir bitki yerine yanlışlıkla zehirli bir bitkinin toplanıp yenmesi,
- 4) Meyve, sürgün, kök, yumru gibi organların zehirli olduğu bilinmeden yenilmesi,
- 5) Yaşamına son vermek amacıyla, zehirli olduğu bilinen bir bitkinin alınması,
- 6) Çocuk düşürmek amacıyla zehirli bitkilerin kullanılması olarak sıralanabilir.

DOĞADA ZEHİRLİ BİTKİLER:

İnsanlarda zehirlenmeye neden olan bitki türlerinin cins ve miktarları memleketlerin florasına ve halkın adetlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle bir memleketin zehirli bitkilerini saptamak için mutlaka araştırma gezileri yaparak bitki örnekleri toplamak, bölgede çalışan hekim, eczacı ve yerel halkına başvurmak gerekir.

Yalnız dış kaynaklı yayınlara dayanılarak hazırlanan araştırmalarda Türkiye’de yetişmeyen bazı bitkileri zehirlenme yapan bitkiler olarak göstermek gibi yanlışlıklara düşülmektedir. Türkiye’de yetişen bitkiler arasından, 200 kadar tür, zehirli bitkiler ile ilgili yayınlarda kayıtlı bulunmaktadır. Bu bitkilerin büyük bir çoğunluğu bilhassa hayvanlarda zehirlenmelere sebep olmaktadır

Zehirli bitkilerin büyük bir çoğunluğu içerdikleri çeşitli heterozit, alkaloitler ve diğer organik kimyasal bileşikler yönünden otlayan hayvanlarımız için önemli sorunlar oluşturmaktadırlar. Bu sorunların başında, zehirli bitkilerin fazla miktarda otlanmalarına bağlı olarak ortaya çıkan zehirlenme olayları gelmektedir. Zehirli bitkilerin aşırı düzeyde yendiği birçok durumda zehirlenen hayvanların kurtarılması güçleşmektedir.

Kısaca zehirli bitkiler; yenildiğinde insanlar ve hayvanlar için hastalık veya ölüme neden olabilecek miktarda toksik maddeler içeren bitkiler olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım içine belirli bitkilere duyarlı kişilerin etkilenmesi, yani alerjik olaylar alınmamalıdır.

Bitkilerde zehirli maddelerin birikmesi, bitkilerin gelişme dönemi ve yaşı ile ilişkilidir. Zehirli madde miktarındaki artış bazı bitkilerde en fazla çiçek açma devresine kadar, bazılarında çiçek açma veya meyvelerin olgunlaşma devresine kadar sürer. Zehirli maddeler bitki aksamalarına aynı derecede dağılmış değildir. Bazı bitkilerin en zehirli kısmı meyveler, bazılarında kökler, bazılarında ise çiçek, yaprak veya kabuklardır. Aynı cins bitkilerde de zehirlilik derecesi eşit miktarda değildir. Toprak cinsine, iklim şartlarına ve coğrafi dağılışlarına göre değişmektedir.

Zehirli bitkileri yaşam döngüsüne göre;

1. Her dönem zehirli olanlar.
2. Fide döneminde zehirli olup olgunlaşınca olmayanlar.
3. Fide döneminde zehirsiz olup olgunlaşınca olanlar şeklinde sınıflandırılabilir.

Bitkilerden zehirlenme genellikle birkaç yoldan olur.

1. Zehirli bitki aksamını ağız yoluyla alınması,
2. Zehirli bitki aksamının vücuda temas etmesi,
3. Havaya dağılmış toz halindeki zehirli bitki aksamının teneffüs edilmesi şeklindedir.

Bitkilerden zehirlenmeler genellikle ağızdan alınmak suretiyle meydana gelmektedir. Bu gibi zehirlenmeler genellikle cahil kimselerin ilaç olarak zehirli bitkileri kullandırmaları veya kendilerinin bilinçsizce tüketmeleri şeklinde olmaktadır.

BAZI ZEHİRLİ BİTKİLER:

Atkestanesi (*Aesculus hippocastanum* L.)

Hippocastanaceae (atkestanesigiller) familyasından olan atkestanesinin, vatanı Orta Asya olmakla beraber bütün Anadolu da park, bahçe ve yol kenarlarında süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Atkestanesi kabuğunda başlıca *aesculin* ve *fraxin* denilen 2 glikozit, acı madde ve tanen bulunur. Tohumlarda çok miktarda nişasta, şekerler, acı madde, tanen ve yağdan başka bir de saponin vardır. Gövde kabuğu, taze tohumları, çiçekleri ve yaprakları kullanılmaktadır. Tüm bitki, özellikle tohumları (kestanesi), yaprakları ve sürgünleri zehirlenme yapmaktadır. Tohumları yenildiğinde, yaprakları ve sürgünleri suda kaynatılıp çay gibi içildiğinde özellikle çocuklarda, bulantı, kusma, ishal, dermansızlık, adalelerde ani kasılmalar ve gevşemeler, hareketlerde dengesizlik, felç ve uyku hali gibi belirtiler gözükmektedir.

Baldıran (*Conium maculatum*)

Umbelliferae familyasından olan baldıran Orta Anadolu'da seyrek olmakla birlikte yurdumuzun her bölgesinde 0-2400 m yükseklikler arasında, ormanlar ve sulak yamaçlar ile su kenarlarındaki işlenen tarlalarda bulunmaktadır. Nisan ile ağustos ayları arasında çiçek açan baldıranın tüm bitki kısımları zehirlenme yapmaktadır. Yenildiğinde; titreme, hareketlerde dengesizlik, göz bebeklerinde büyüme, zayıf ve yavaş kalp atışları, organların ve sinir sisteminin felci ve ölüm ile sonuçlanabilmektedir.

Erkek Eğreltiotu (*Dryopteris filix-mas* L.)

Aspidiaceae familyasında olan erkek eğreltiotu Karadeniz bölgesi, Niğde ve Hatay yörelerinde 1000-1100 m yüksekliklerde köknar ve kayın ormanlarının altlarında yetişir. Haziran-Eylül ayları arasında çiçeklenen bitkinin, toprak altı rizomları zehirlenmelere yol açmaktadır. Yenildiğinde baş ağrısı, kulaklarda uğultu, kusma, kanlı ishal, dermansızlık, görme bozukluğu, körlük ve solunum sistemi felci ile de ölüm meydana gelmektedir.

Güzelavratotu (*Atropa belladonna* L.)

Solanaceae familyasından olan Güzelavratotu 0-1800 m yükseklikler arasında Trakya, Karadeniz bölgelerinde bol, Ege ve Akdeniz bölgelerinde seyrek olarak, kayın ormanları ve gölgelik yerlerde yetişir. Haziran ağustos ayları arasında çiçek açmakta olup yaprak, rizom ve kökü kullanılmaktadır. Güzelavratotu bitkisinin kök, yaprak ve meyvelerinde *hyoscyamin* ve atropin bulunur. Köklerdeki alkaloid miktarı yapraklardakinden daha fazladır. Tüm bitki, özellikle yaprak ve meyveleri zehirlenmelere yol açmaktadır. Yenildiğinde boğazda kuruma, susama, bulantı, baş ağrısı, baş, yüz ve göğüs kısımlarında kızartılar, göz bebeklerinde büyüme, adale ağrıları, kalp atışlarında artma fakat nabızda zayıflama, hayal görme, yüksek ateşe sebep olmakta ham 3-4 adet meyve çocuklar için öldürücü olabilmektedir.

İnciçiçeği (*Convallaria majalis* L.)

Liliaceae familyasından olan inciçiçeği Karadeniz bölgesinde rutubetli ve gölgeli çayırarda ve orman altlarında bulunur, ancak süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Nisan ve mayıs ayları arasında çiçek açmakta olup tüm bitki kısımları zehirlenme etkisi göstermektedir.

Yenildiğinde bulantı, tükürük salgısında çoğalma, kusma, baş ağrısı, baş dönmesi, nabız atışlarında sıklaşma ve düzensizlik görülmektedir.

Kardelen (*Galanthus nivalis* L.)

Amaryllidaceae familyasından olan kardelen İstanbul ve mersin yörelerinde belirli bölgelerde 0-600 m. Yükseklikler arasında, çalılarla kaplı tepelerin yamaçlarında ve ışık alan orman altlarında yetişmektedir. Kasım ve nisan ayları arasında çiçek açmakta olup soğanı zararlara yol açmaktadır. Yenildiğinde mide bulantısı, kusma ve ishal görülür.

Kolokaz (*Colocasia esculenta* L.)

Araceae familyasından olan kolokazın vatanı Güneydoğu Asya'dır. Yurdu-muzun Mersin, Anamur yörelerinde yetiştirilir ve yumruları yiyecek olarak kul-lanılır. Nisan ve haziran ayları arasında çiçek açmakta olup tüm bitki kısımları zehirleme yapabilmektedir. Çiğnendiği veya yenildiği zaman ağızda ve boğazda yanma, dilin şişmesi, bulantı, kusma ve ishal, adrenal bezinde bozulma ve böb-reklerde rahatsızlık meydana getirmektedir.

Kurtbağrı (*Ligustrum vulgare* L.)

Oleaceae (zeytingiller) familyasından olan kurtbağrı Trakya ve Karadeniz bölgelerinde bol, İç Anadolu bölgesinin batı kesimlerinde ve Ankara yörelerinde seyrek olarak bulunmaktadır. Buralarda 0-1500 m yükseklikler arasında yaprak dökken ormanlar ile kayın ve köknarın karışık olduğu ormanlarda, çalılıklar ara-sında nemli yerlerde doğal olarak yayılış göstermektedirler. Park ve bahçeleri-mizde çit bitkisi, yol kenarlarında süs bitkisi olarak yetiştirilir. Haziran ayında çiçek açmakta olup zarar veren kısımları meyveleri ve yapraklarıdır. Yenildi-ğinde bulantı, kusma, vücut ısısında düşme, nabız atışlarında zayıflama, adale-lerde düzensiz şekilde kasılma ve sara nöbetinde olduğu gibi titreme, uyuşukluk hali, hareket etme zorluğu, bacaklarda felç ve göz bebeklerinde büyüme görül-mektedir.

Bunlara İlaveten aşağıda ülkemizde bulunan bazı zehirli bitkileri sırala-yabiliriz.

Geven (*Astragalus*)

Körigen (*Coronilla varia*)

Pelinotu (*Artemisia*)

Eğrelti otu ve Atkuyruğu

Acıbakla – Lüpen (*Lupinus spp.*)

Porsuk ağacı (*Taxus baccata*)

Zakkum (*Nerium oleander*)

Taş yoncası (*Melilotus officinalis*)

Kanyaş (*Sorghum halepense*)

Akçöpleme (*Vetrarum album*)

Ormangülü – Açelya (*Rododendron*)

SONUÇ:

Bilinçsizce kullanımları ölümle sonuçlanabilecek derecede etkin olmakla birlikte zehirli bitkilerin tümü kötü ve korkunç değildir. Çünkü bu bitkilerden elde edilen maddeler uygun preparatlar şeklinde hazırlanıp insan sağlığı için kullanılmaktadır. Örneğin haşhaş *Papaver somniferum* L. bitkisinden elde edilen morfin ve yüksük otu *digitalis* türlerinden elde edilen digitalin gibi birçok madde bugün tıbbın hizmetindedir.

Tıbbi bitkilerin bir kısmının da belirli miktarlar üzerinde alındığı zaman zehirli bitkiler gibi tesir edeceği düşünülmelidir. Bu sebeple tıbbi bitkiler mutlaka bir hekime ve eczacıya danışılmadan rastgele kullanılmamalıdır.

KAYNAKLAR:

- Baytop T. 1963. Türkiye'nin Tıbbi ve Zehirli Bitkileri. İ.Ü. Eczacılık Fak. İsmail Akgün Matbaası. İstanbul.
- Mat A., Sun S., Baytop A., Baytop, T. 1989. Türkiye'de Zehirli Bitkiler, Bitki Zehirlenmeleri ve Tedavi Yöntemleri. İ.Ü. Yayınları No: 3560. Eczacılık Fak. No:54. İstanbul.
- Oğuz N, M. Buğdaycı E, K. 2024. "Bitki Biyolojisi ve Zehirli Bitkiler" <https://uyg.mehmetakif.edu.tr/vetadh/files/guz/sinif-1/18123-bitki-biyolojisi-ve-zehirli-bitkiler/bitki-biyolojisi-ve-zararli-bitkiler.pdf> (Erişim Ekim 2024)
- Seçmen Ö., Leblebici E. 1987. Yurdumuzun Zehirli Bitkileri. Ege Ü. Fen Fak. Kitapları Seri no:103. Bornova İzmir.
- Tokluoğlu M., 1986. Zehirli Çayır ve Mera Bitkileri. On Dokuz Mayıs Ü. Zir. Fak. Samsun.
- Tulukcu E. 2005. "Tıbbi bitkilerin önemi ve bazı zehirli bitkiler" İpek Yolu Dergisi. Konya.
- Tulukcu E. 2008. "Türkiye'de Bazı Zehirli Bitkiler" Doğa & Sağlık. İzmit.
- Baytop, T., 1994. Türkçe Bitki Adları sözlüğü İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Türk Dil Kurumu Yayınları: 578 Ankara.
- Makaklı, B. 1986 Günümüzde Şifalı Bitkiler. Kipaş Dağıtımçılık. İstanbul.
- Varol N, A. 2016. "Türkiye'deki Zehirli Bitkiler ve Dağılımı" Güneş Tıp Kitap evi. Ankara
- Yarsan E. 2016. "Evcil Hayvanlarda Zehirli Bitkiler ve Türkiye'deki Dağılımları" Güneş Tıp Kitap evi. Ankara



BÖLÜM 3

Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Tarım Topraklarının Korunması ve Potansiyel Riskler

Gülşen Keskin¹

¹ Prof. Dr. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
ORCID: 0000-0002-4806-0710

GİRİŞ

Dünya’da nüfusun ve gıda talebinin artması, iklim değişikliği ve üretim kaynaklarının kısıtlılığı sürdürülebilir bir tarımı zorunlu kılmaktadır. Günümüzde sürdürülebilir kavramı her alanda önemli görülmekte ve ilk kez gündem olmasında çevresel sorunların önemli olmasına karşın, artık ekonomik ve sosyal boyutu da çevresel boyutu kadar önemlidir (Anonim, 2015; Harder 2014; Högner and Hube, 2012; Bardt 2011; Henseling vd. 1999). Sürdürülebilir bir tarımsal üretim ile ülkenin gıda güvencesi ve gıda bağımsızlığını sağlamak mümkün olmakta, çevrenin daha yaşanabilir olması ve toplumun refahını artırması bakımından da gelecek kuşaklar için bir emniyet olarak görülmektedir (Keskin, 2022). Türkiye’nin ilk tarım kanunu olan 5488 sayılı düzenleme ile tarım politikası amaçları arasında gıda güvencesinin güçlendirilmesi yer almakta ve tarım politikası ilkelere birisini de sürdürülebilirlik, insan sağlığı ve çevreye duyarlılık oluşturmaktadır (RG, 2006). Türkiye’de tarımsal üretimin sürdürülebilirliği bakımından yapısal sorunlar öne çıkmaktadır. Tarım topraklarının korunması bakımından da özellikle küçük ve parçalı arazi yapısı ile tarım topraklarının tarım dışı amaçlar için kullanımı sorunlu alanların başında gelmektedir.

Türkiye’nin arazi varlığının çayır ve meralar dahil %49.0’u tarımsal faaliyetlerde kullanılırken bu oranlar İngiltere ve Ukrayna’da %71.3, Fransa’da %52.1 ve ABD’de %44.3’dür (TBB,2023). Türkiye’de tarım işletmelerindeki yapısal gelişim ve değişimler Genel Tarım Sayımları ile izlenmekte, ancak sonuçları açıklanmış son Genel Tarım Sayımının 2001 yılında yapılmış olması nedeniyle tarımsal yapı ile ilgili değerlendirmelerde yetersiz kalmaktadır. Genel tarım sayımlarına ilave olarak AB’ye uyum kapsamında benzer istatistiklerin toplanması ve “Çiftlik Muhasebe Veri Ağı” için altyapıyı oluşturmak amacıyla ilk kez 2006 yılında yapılan “Tarımsal İşletme Yapı Araştırması” ile de işletmelere ait yapısal veriler toplanmaya başlanmıştır. 2001 Genel Tarım Sayımına göre 3 milyon işletme, ortalama 4.1 parçadan oluşan ve her bir parçası ortalama 14.9 dekar olan küçük ve parçalı arazilerde üretim yapmaktadır. “Tarımsal İşletme Yapı Araştırması” (2016)’ya göre de işletmelerin ortalama parça büyüklüğü 12.9 dekar ve parça sayısı ise 5.9 adettir. Küçük işletmeler ekonomik gelişimin yanı sıra, küresel ve ulusal düzeyde uygulanan tarım politikalarına, mülkiyet ile ilgili düzenlemelere ve kültüre de bağlıdır. Küçük işletmelerin gelecekte kalıcı olmaları ve fonksiyonları ise kırsal alanlar için her zaman önemli olmuştur (Anonim, 2010). Türkiye’de tarımsal faaliyetler küçük ve çok parçalı arazilerde yapıldığı için bu arazilerin daha da küçülmesini önlemek üretimin sürdürülebilirliği için önemli olmuştur. Bu nedenle, Türkiye’de arazi mülkiyeti konusunda 2014 yılında “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu” nda (TKAKK) değişiklik yapılması

hakkındaki 6537 sayılı kanun ile önemli politika değişiklikleri olmuş, tarım arazilerinin çok parçalı ve küçük olması nedeniyle miras yoluyla bölünmeye devam etmesini önlemek için yasal düzenleme yapılmıştır. Buna göre, işletmelerin bölgelere göre belirlenen yeter gelirli işletme büyüklüğünün altında bölünmesinin önlenmesi amaçlanmıştır (RG, 2014). 6537 sayılı değişiklik ile Türk Medeni Kanunu'ndaki (TMK) tarımsal mirasa ilişkin hükümler yürürlükten kaldırılmış (Sürer, 2022; Yılmaztekin, 2022) ve “5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanununa” yeni eklenen maddeler ile mirasla tarım arazilerinin bölünmesini engelleyen ve daha verimli kullanılmalarını sağlayacak önlemler alınmıştır (Kalenderoğlu, 2019). Böylece, tarımsal arazinin paylaşımının genel hükümlere göre değil özel hükümlere göre yapılması ve tarımsal arazi ve işletmelerin devrinin TKAKK'de yer alan paylaşım kurallarına göre gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Yılmaztekin, 2022, Sürer, 2022).

Türkiye'de tarımsal üretime ve tarım arazilerinin korunmasına önemli etkileri olacak bir düzenleme de 2012 yılında 6360 sayılı kanun ile yapılmıştır. Kanun ile idari yapılanmada değişikliğe gidilmiş ve köylerin büyük bölümü önce mahalle daha sonra kırsal mahalle olarak adlandırılarak köy tüzel kişilikleri sona ermiştir. İdari yapıdaki bu değişiklikle köy nüfusu %22.7'den 2013 yılında %8.7'ye ve 2022 yılında %6.6'ya önemli bir düşüş göstermiştir. Bu düzenleme ile 16,220 köy mahalleye dönüştürülmüş ve böylece köy sayısı 34,434 'den 18,214'e düşmüştür (TÜİK, 2022). Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 15 Nisan 2021 tarihinde yayınladığı “Kırsal Mahalle ve Kırsal Yerleşik Alan Yönetmeliği” ile 6360 sayılı yasa ile mahalleye dönüşen yerleşim birimleri kırsal mahalle olarak tanımlanmaya başlanmıştır.

Tarımsal üretim yapılan alanları doğrudan etkilemesi ve bütün olarak sonuçları herkesi ilgilendirmesi nedeniyle özellikle 5403 sayılı kanun ile 6360 sayılı kanun ve 2021 yılında çıkan “Kırsal Mahalle ve Kırsal Yerleşik Alan Yönetmeliği”, tarım topraklarının korunması ve sürdürülebilir tarımsal faaliyet için önemli güncel düzenlemelerdir. Özellikle köyler ile ilgili olarak yapılan ve tarımsal üretime etkisi kaçınılmaz olan idari yapılanmadaki bu değişimlerin etkisi ise gelecek yıllarda daha net ortaya çıkacaktır. Bu çalışmada, tarım arazilerinin korunması konusu güncel düzenlemeler kapsamında incelenmiştir.

1. TARIM ALANLARINDAKİ DEĞİŞİM

Türkiye'de işlenen tarım alanlarında 1990 yılından itibaren önemli azalmalar olmuş, özellikle 2000-2020 yılları arasında bu gerileme daha yoğun olmuştur (Tablo 1). 1990 yılında 42.0 milyon hektar olan toplam tarım alanı yaklaşık %8.45'lik bir azalışla 2022 yılında 38.48 milyon hektara, işlenen tarım alanları

da 27.8 milyon hektardan yaklaşık %14.33 azalışla 23.9 milyon hektara kadar gerilemiştir. Aynı dönemde bağ alanları 580 bin hektardan %33.62 azalışla 385 bin hektara düşmüştür.

1990-2022 yılları arasında nadas alanlarındaki azalma ve meyve alanlarındaki artış ise olumlu gelişmeler olmuştur. Aynı dönemde sebze bahçelerinde %13.07, zeytinlik alanlarda %4.04 ve çayır mera arazisinde %3.10 luk bir artış olmuştur. Sebze bahçelerinde 1990-2000 yılları arasında %42'lik bir artış olmuş, ancak bu artış daha sonraki yıllarda sürdürülememiş ve hemen her yıl azalarak 2000 yılında 904 bin hektardan 2022 yılında 718 bin hektara kadar gerilemiştir (Tablo 1).

Türkiye’de 2016 yılı “*Tarımsal Yapı İşletme Araştırması*” verilerine göre; tahıl ve diğer bitkisel ürünlerde yoğunlaşan işletmelerin 5 hektarın üzerinde arazisi varken, 2 hektardan küçük işletmelerde sebze ve çok yıllık kültürlerle daha fazla yer verilmektedir. 2 ile 5 hektar işletme büyüklüğüne sahip işletmelerde de tahıl ve diğer bitkisel ürünlerin payı %50’nin üzerinde iken bu işletmelerde sebze ve çok yıllık kültürlerin payı %33,5’tür (TÜİK, 2023).

Tarımsal üretimde hayvancılık için kaliteli kaba yem ihtiyacının karşılanmasında çayır ve meraların varlığı da en az işlenen tarım arazileri kadar önemlidir. Tablo 1’de çayır ve meraların varlığında artış olmasına karşın, Türkiye’nin hayvansal ürünler üretimindeki sorunlarının da halen devam ettiği bilinmektedir. Hayvancılıkta kaliteli kaba yemin kaynağı çayır/mera ve yem bitkilerinden karşılanmakta; Türkiye’de kaba yem ihtiyacının ancak %20.7’si çayır meralardan karşılanırken, diğer kaba yem ihtiyacının %10.5’i yem bitkilerinden, %27.6’sı silajlık mısırdan ve %41.3’ü ise bitkisel üretim artıklarından karşılanmaktadır (Çaçan ve Yüksel, 2016).

Tablo 1. Türkiye’de Tarım Alanları (1000 ha)

	1990	2000	2010	2020	2021	2022*	Değişim (%)		
							1990/ 2000	2010/ 2021	1990/ 2022
Toplam Tarım Alanı (1+2+3)	42,033	38,757	39,011	37,762	38,089	38,482	-7.79	-2.36	-8.45
İşlenen Tarım Alanları ve Uzun Ömürlü Bitki Alanları (1+2)	27,856	26,379	24,395	23,145	23,473	23,864	-5.3	-3.78	-14.33
1.Toplam İşlenen Tarım Alanı	24,827	23,768	21,384	19,586	19,881	20,194	-4.27	-7.03	-18.66
Ekilen Alan	18,868	18,038	16,333	15,628	16,062	16,510	-4.4	-1.66	-12.50
Nadas	5,324	4,826	4,249	3,173	3,059	2,960	-9.35	-28.01	-44.40
Sebze Bahçeleri	635	904	802	779	755	718	42.36	-5.86	13.07
2.Uzun Ömürlü Bitkilerin Alanı	3,029	2,611	3,011	3,559	3,591	3,671	-13.8	19.26	21.20
Meyve, İçecek ve Baharat Bitkileri Alanı	1,583	1,476	1,749	2,271	2,312	2,385	-6.76	32.19	50.66
Bağ Alanları	580	535	478	401	390	385	-7.76	-18.41	-33.62
Zeytinlik Alan	866	600	784	887	889	901	-30.72	13.39	4.04
3.Çayır-mera Arazisi	14,177	12,378	14,617	14,617	14,617	14,617	-12.69	-	3.10
Orman Alanı	20,199	20,763	21,537	22,740	22,933	23,110	2.79	6.48	14.41

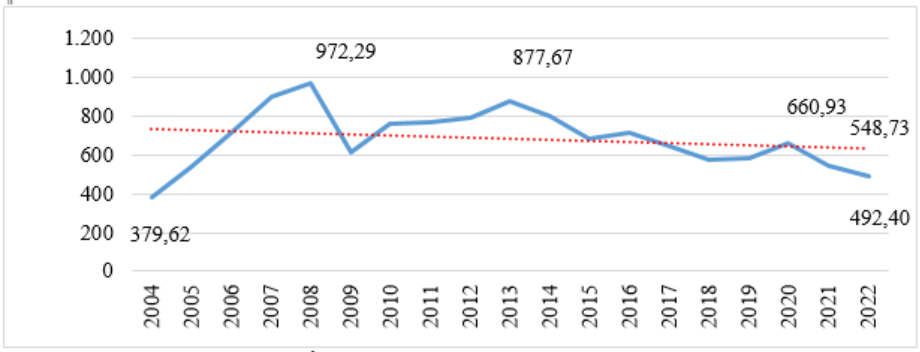
Kaynak: TÜİK

*Geçici veri

2. TARIM TOPRAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI

Türkiye’de de yaygın olan aile çiftçiliği özellikle gelişmekte olan ülkelerde özel bir öneme sahiptir ve sürdürülebilirliğin garantisi olarak görülmektedir. Doğal kaynaklardaki sınırlılıklar ise gelecek kuşaklara bunların ancak korunarak aktarılabilceğini göstermektedir (TİM, 2017). Tüm dünyada yaygın olan aile işletmeleri çoğunlukla küçük işletmelerden oluşurken, bu işletmelerin birçok dezavantajı olduğu gibi geleneksel bilgi birikimi ve değerleri ile büyük işletmelerin sahip olmadığı birçok olumlu özellikleri de bulunmaktadır. Bu nedenle tarım,

ekonomideki yeri ve öneminin yanı sıra sosyal olarak da önemli görülmekte ve tüm ülkelerde desteklenmektedir. Türkiye’de 2000 yılı tarımsal desteklemeler açısından bir dönüm noktası olmuş ve temel destekleme politikaları terkedilerek doğrudan gelir desteği (DGD) adı verilen üretimden bağımsız bir destekleme modeli benimsenmiştir. Bu sistem 2008 yılına kadar devam etmiş, daha sonra yerini alan bazlı desteklere bırakmıştır. Bu süreçte genel destekleme kalemlerinin sayısı artmış ve desteklemelerin etkisini ölçmek gittikçe zor bir hal almıştır. Desteklemeler konusunda son olarak yapılan en radikal değişiklik ise Türkiye’nin havza bazlı destekleme sistemine geçmesi olmuştur. Tarım sektörü, ekonominin diğer sektörlerden farklı özelliklere sahiptir. Ekonomik ve politik koşulların üreticiler üzerindeki baskıyı gelecekte de artıracak olmasına karşın, ülkelerin gıda bağımsızlığını ve güvenliğini sağlamak için üretime her koşulda devam etmesi zorunludur. Bu nedenle, her ülke tarımsal destekleme politikalarını oluştururken bunların gerekçelerinden birini tarımsal üretimde ülkenin bağımsızlığını sağlamak için yeterli düzeyde üretim yapmak ve olağan dışı durumlarda da ülkenin gıda güvenliğini sağlamak olarak belirlemektedir (Yıldız vd. 2017). Grafik 1’de 2004-2022 yılları arasında tarıma yapılan desteklerin tarımda faaliyet gösteren istihdam başına değişimi görülmektedir. Buna göre son 18 yıllık süreç içinde en düşük desteklemeler 2004 yılında 379 \$ ve 2022 yılında 492 \$ olmuştur. Aynı dönemde tarıma yapılan destekleme ödemeleri 3 milyar TL’den yaklaşık 26 milyar TL’ye (ek bütçe ile 39 milyar) çıkmasına ve istihdamın da 5,7 milyon kişiden 4,8 milyon kişiye düşmesine karşın dolar kurundaki artış karşısında istihdam başına düşen desteklemelerde reel olarak bir azalma olmuştur. Tarımda gelir artışı olduğu sürece ve bu alanda desteklemelerin artması durumunda özellikle genç nüfusun tarımda kalma isteği artacak ve üretim faaliyetinin de sürdürülebilirliği sağlanabilecektir. Bu nedenle, tarımsal desteklemelerin istihdama düşen miktarı tarımdaki gelirin artışına katkı sağlayacağı için önemli bir veri olarak dikkate alınmıştır.



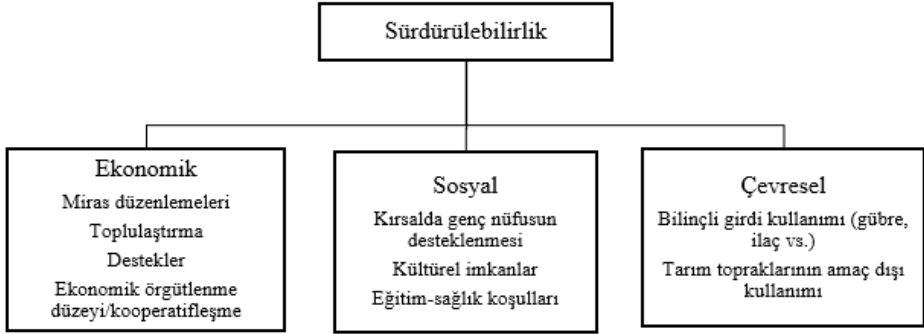
Grafik 1. Türkiye’de Tarımsal İstihdam Başına Düşen Tarımsal Desteklerin Gelişimi (\$/yıl)

Kaynak: TÜİK 2023a; TOB 2023; SBB 2023 verilerinden hesaplanmıştır.

Türkiye’de tarım işletmelerinin ekonomik olarak sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasında tarım işletmelerinin/arazilerin bölünmesinin önlenmesi, arazi toplulaştırması ve tarıma yapılan destekler önemlidir. Sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik bakımından genç çiftçilerin tarımdaki varlığı, kültürel/sosyal imkanlar, eğitim imkanları, girdi kullanımında bilinçli olma, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı en önemli konular olarak görülmektedir (Şekil 1). Sürdürülebilir bir tarımsal üretimin sağlanmasında en önemli unsur üretim yapılacak toprakların korunması ve bunların gelecek nesillere verimli bir şekilde bırakılmasıdır. Bu amaçla, kalkınma planlarında, strateji belgelerinde ve eylem planlarında amaç ve hedefler içerisinde toprak koruma tedbirleri de yer almaktadır. Bu kapsamda, toprak kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir kullanımını sağlanmak için büyük ova koruma alanları artırılmış ve 9,3 milyon hektar alanda 440 büyük ova koruma alanı ilan edilmiştir. 6537 sayılı düzenlemenin yürürlüğe girdiği 2014 yılında itibaren 1.8 milyon hektar alanın miras ve satış ile bölünmesi önlenmiştir (TOB, 2023a). Atıl tarım arazilerinin üretime kazandırılması kapsamında tespiti yapılan 655,869.63 hektar atıl tarım arazisinin %65.35’i hazine ve %34.09’u şahıs arazisi iken, atıl kalan 505,934 adet parselin %27.5’u hazine ve 72.31’i şahıslara aittir. Bu verilere göre hazinenin mülkiyetinde olan atıl tarım arazilerinin parsel büyüklükleri 3.08 hektar ve şahıslara ait parsellerin büyüklüğü ise 0.61 hektardır (TOB, 2023).

Türkiye’de tarım işletmeleri diğer ülkelerin tarım işletmeleri ile karşılaştırılırken ilk dikkate alınan unsur işletme büyüklükleri olmaktadır. Bu yaklaşım tarımsal yapıdaki farklılıklar nedeni ile yanıltıcı olabilmektedir. AB ülkeleri ve ABD ile Türkiye’nin tarımsal üretim deseninde, tarımsal ve toplumsal yapısında

önemli farklılıklar olduğu göz ardı edilmektedir. Türkiye, meyve ve sebze üretimi gibi yoğun emek gerektiren ürünler bakımından dünyanın önde gelen ülkelerinden biri iken karşılaştırma yapılan ülkeler, genellikle mekanizasyonun yoğun kullanıldığı tarla ürünleri ve özellikle hububat tarımında uzmanlaşmış ülkeler olmaktadır. Bu nedenle, karşılaştırmalarda yapısal farklılıkların da dikkate alınması, üretimin sürdürülebilirliği ve doğal kaynakların etkin kullanımı bakımından önemlidir.



Şekil 1. Türkiye’de Tarımsal Üretimde Sürdürülebilirlik İçin Önemli Bazı Göstergeler

3. TARIM TOPRAKLARININ YASAL DÜZENLEMELER İLE KORUNMASI

Tarım topraklarını tehdit eden faktörlerin başında; iklim değişikliği, toprağın kimyasallarla kirlenmesi, erozyon, toprak analizi yaptırmadan yanlış işleme ve gübreleme, ormansızlaşma, toprağın yanlış ve aşırı sulanması, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı, küçük – parçalı arazi yapısı ve münavebe yapılmaması gelmektedir (TBB, 2023; Yüzal, 2019). Türkiye’de tarım topraklarının korunması bakımından iki temel yapısal sorun bulunmaktadır. Bunlar, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı ve arazilerin miras ve satış yolu ile bölünmesidir. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımının önlenmesi konusunda 1982 Anayasasında özel düzenlemeler yer almasına karşın, 1989 yılından 2005 yılına kadar farklı tarihlerde kabul edilen yönetmeliklerin sorunun çözümünde yetersiz kalması, yönetmeliklerle çözümün mümkün olmadığının anlaşılması ve AB’ye uyum sürecinin etkisi ile 2005 yılında “5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu” kabul edilmiştir (Özçelik, 2015; Kılıç, 2010). Türkiye’de tarımdaki yapısal sorunların başında gelen ve üretimin sürdürülebilirliği ve sektörün rekabet gücü ba-

kımından önemli bir engel görülen arazilerin bölünerek daha da küçülmesini önlemede, 5403 sayılı kanunun ve “*Türk Medeni Kanun*” hükümlerinin yetersiz kalması sonucunda, 2014 yılında 6537 Sayılı “*Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun*” ile 5403 sayılı kanunda önemli değişiklikler yapılmıştır. Bu düzenlemeler sonrasında tarım arazilerinin miras ile devrinde “*Medeni Kanun*” hükümleri yürürlükten kalkmıştır.

Tarım arazilerinin ancak zorunlu durumlarda tarım dışında kullanılması ve toplumun tümünü ilgilendirmesi nedeniyle de ekonomik, ekolojik ve toplumsal kayıplara yol açmaması için kamu yararının gözetilmesi esastır (Karakaya, 2010). Tarım arazilerinin kapsamının kesin sınırları ile belirlenmesi bu alanların korunması ve amaç dışı kullanımının önlenmesini sağlamakta ve uygulanabilir hukuki düzenlemelerin yapılmasını kolaylaştırmaktadır (Kılıç, 2010). Tarım ve Orman Bakanlığının (2019-2023) stratejik planında yer alan hedefler içinde toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini gerçekleştirmek için toprak/su kaynaklarının korunması ve verimli kullanılmasını sağlamak da hedeflenmiştir. Bu kapsamda, arazi kullanım planlaması yapılan alanın 2018 yılında 163.878 hektardan 2023 yılında 2.744.000 hektara çıkması ve strateji planında aynı hedefle detaylı toprak etüdü yapılan alanın aynı yıllarda 237.543 hektardan 4.288.000 hektara ulaşması hedeflenmiştir. “*5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu*” nun arazi kullanım planlarının yapılması (md.10), tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı (md.13) ve tarımsal potansiyeli yüksek büyük ovaların belirlenmesi ve korunması (md.14) maddeleri, “*Onbirinci Kalkınma Planı*”, “*Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) 2019-2023 Stratejik Planı*” ve “*3.Tarım Şurası Eylem Planı*” doğrultusunda 81 il 922 ilçe sınırına göre 1/25.000 ölçekli arazi kullanım planı ve kontrol işlemleri tamamlanmıştır (TOB,2023; TOB, 2022; TOB,2019). Yasada yer alan arazi edindirmedeki temel amaç ise, çiftçinin işlediği tarımsal arazi miktarının, yeni tarım arazilerini satın alması ya da kiralama ile artırılmasına, rasyonel anlamda tarımsal faaliyet yapılmayacak ölçüde paylara ayrılarak küçülen arazilerin ise işletmesini büyütmek isteyen tarımsal işletmelere devirlerinin sağlanmasıdır (TOB, 2023). Arazi kullanım planı ile tarımsal niteliği korunacak alanları belirlemek, tarım dışı talepleri alternatif alanlara yönlendirmek, tarım alanları üzerindeki baskıyı azaltmak, tarım alanları ile ilgili istatistiklerin kalitesinin artırılması hedeflenmektedir. Arazi kullanım planında araziler tarım alanları, tarım dışı alanlar ve kapsam dışı alanlar olmak üzere 3 ana gruba ayrılmaktadır (Tablo 2; TOB 2023a).

Tablo 2. Tarım ve Tarım Dışı Alanlar

Tarım Alanları		Tarım Dışı Alanlar		Kapsam Dışı Alanlar
Mutlak Korunacak Tarım Alanları	2. Öncelikli Alternatif Alanlar	1. Öncelikli Alternatif Alanlar	Mevcut Niteliği Devam Ettirilecek Alanlar	
Sulu mutlak tarım arazisi	Kuru marjinal tarım arazisi	İmar planındaki boş alanlar	İrmak-İrmak yatağı-Sahil kumulları	Mera alanları
Kuru mutlak tarım arazisi		Çıplak kayalık alanlar		
Dikili tarım arazisi		Çıplak alanlar	Baraj-göl-gölet	Orman alanı
Sulu özel ürün arazisi			Kıyı-sahil	
Kuru özel ürün arazisi		Maden-ocak alanı	Sulak alan	Yapılaşma alanı
Örtü altı alanlar		Potansiyel mera alanı	Daimi karla kaplı alan	Yol
Sulu marjinal tarım arazisi				
Büyük ova koruma alanı				

“3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlemesine Dair Tarım Reformu Yasası” tarım topraklarını I., II., III. ve IV. sınıf araziler olarak sınıflandırırken, 5403 sayılı yasa tarım arazilerini “toprak, topografya ve iklimsel özellikleri tarımsal üretim için uygun olup, halihazırda tarımsal üretim yapılan veya yapılmaya uygun olan veya imar, ihya, ıslah edilerek tarımsal üretim yapılmaya uygun hale dönüştürülebilen araziler” olarak ifade etmekte ve mutlak tarım arazisi, özel ürün arazisi, dikili tarım arazisi ve marjinal tarım arazisi olarak sınıflandırmaktadır. 5403 sayılı yasa, arazi büyüklüğü için de asgari tarımsal arazi ve yeter gelirli arazi büyüklüğünden bahsetmektedir. Asgari tarım arazisi büyüklüğü bütün tarım arazilerini ilgilendirirken, yeter gelirli tarım arazisi büyüklüğü yalnızca tarım arazilerinin miras yoluyla intikali bakımından önem taşımaktadır (Sürer, 2022). Tarım arazileri asgari büyüklüğün altında bölünemez, yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğü ise asgari tarımsal arazi büyüklüğüne eşit veya ondan daha büyük olabilir (Sürer, 2022; Özçelik, 2015). Yeter gelirli arazi büyüklüğü için 5403 sayılı Kanun’a ekli listede bölge farklılıkları göz önünde alınarak, il ve ilçe bazında sulu ve kuru arazi büyüklükleri belirlenmiştir. Dikili arazilerde tüm il ve ilçelerde 10 dekar ve örtü altı arazilerde ise 3 dekar yeter arazi sınırı olarak belirlenmiştir. Yeter gelirli arazinin belirlenmesinde yasaya göre aralarında ekonomik bütünlük bulunan arazilerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. “Tarımsal Arazilerin Mülkiyetinin Devrine İlişkin Yönetmeliğe” göre de ekonomik bütünlük sınırı örtü altı tarım arazilerinde 1 dekar, dikili tarım arazilerinde 5 dekar, sulu ve kuru

tarım arazilerinde 10 dekadardır. Asgari tarımsal arazi büyüklüğü, ”üretim faaliyet ve girdileri rasyonel ve ekonomik olarak kullanıldığı takdirde, bir tarımsal arazide elde edilen verimliliğin, söz konusu tarımsal arazinin daha fazla küçülmesi halinde elde edilemeyeceği Bakanlıkça belirlenen en küçük tarımsal parsel büyüklüğü” olarak tanımlanmış ve mutlak tarım arazileri, marjinal tarım arazileri ve özel ürün arazilerinde 2 hektar, dikili tarım arazilerinde 0,5 hektar ve örtü altı tarımı yapılan arazilerde 0,3 hektar olarak belirlenmiştir. Mutlak tarım arazisi (5403/md.3e); “yöre ortalamasında ürün alınabilmesi için sınırlayıcı olmayan, ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan ve halihazırda tarımsal üretimde kullanılan veya bu amaçla kullanıma elverişli olan”, özel ürün arazisi (5403/md.3f); “mutlak tarım arazileri dışında kalan, yöreye adapte olmuş bitki türlerinin tamamının tarımının yapılamadığı ancak özel bitkisel ürünlerin yetiştiriciliği ile su ürünleri yetiştiriciliğinin ve avcılığının yapılabildiği, ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan”, dikili tarım arazisi (5403/md.3g); “mutlak ve özel ürün arazileri dışında kalan ve üzerinde yöre ekolojisine uygun çok yıllık ağaç, ağaççık ve çalı formundaki bitkilerin tarımı yapılan, ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan”, marjinal tarım arazisi (5403/md.3ğ) ise 3. maddenin e, f ve g maddeleri dışında kalan sınırlılıklar nedeniyle üzerinde sadece geleneksel toprak işlemeli tarımın yapıldığı arazi olarak tanımlanmıştır.

5403 sayılı yasa, tarım arazilerinin miras yolu ile devrinde mirasa konu arazilerin yeter gelirli arazi büyüklüklerini karşılaması halinde birden fazla mirasçıya devredilebileceğini (md. 8C/A) belirtmektedir. Arazilerin mülkiyeti konusundaki diğer usuller; aile malları ortaklığı ya da kazanç paylı aile malları ortaklığına devir, kurulacak bir limited şirkete devir veya üçüncü kişilere devir olmaktadır. Mirasçılar arasında anlaşma sağlanamaması durumunda ise mahkeme kararı ile arazilerin ehil mirasçıya, birden fazla ehil mirasçı olması durumunda ise asgari düzeyde geçimini mirasa konu olan yeter gelirli arazilerden sağlayan mirasçıya devrin yapılacağı belirtilmektedir. En son başvuru olan yöntem ise arazilerin en yüksek bedeli veren mirasçıya devrine karar verme olarak ortaya çıkmaktadır. Birden fazla ehil mirasçı olması ve bunların miras dışı tarımsal arazileri olması durumunda ise yeter gelirli büyüklüğe kavuşturmak veya ekonomik olarak arazilerin işletilmesine olanak sağlamak için yeter gelir büyüklüğü aranmadan arazilerin devrine, araziye talep eden mirasçı olmaması halinde ise satışa karar verilebilmektedir (md.8C). 2014 yılında yayınlanan “Tarımsal Arazilerin Mülkiyetinin Devrine İlişkin Yönetmelik”, ehil mirasçıyı aynı yönetmeliğin 10. maddesinde belirtilen kriterlere uygun olan mirasçı olarak tanımlamıştır. Buna göre; değerlendirmelerde geçimini mirasa konu olan arazilerden sağlayanlar en yüksek değer görmekte, bunu tarım dışı geliri bulunmayanlar, eşi tarımsal faaliyette olanlar,

tarımsal faaliyet için mesleki bilgi ve beceriye sahip olanlar, sosyal güvenceye sahip olmayanlar, Bakanlığın kayıt sisteminde 5 ve daha fazla yıldır kayıtlı olanlar ve 5 yıldan fazla bir süredir miras konusu arazinin bulunduğu ilçe sınırları içinde ikamet edenler olarak belirlenmiştir. Değerlendirmelerde daha az etkisi olan unsurlar ise arazilerin bulunduğu ilçede 5 yıla kadar ikamet etme, tarımsal örgütlere kayıtlılık durumu, sosyal güvenlik kurumu kapsamında tarım sigortası olması, tarım alet ve donanımlara sahip olma ve mirasçının kadın olmasıdır.

Hayvancılık için önemli olan çayır ve meraların korunması ve sürdürülebilir kullanılmasını sağlamayı amaçlayan, 1998 yılında çıkarılan 4342 sayılı “*Mera Kanunu*” da tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için önemli bir başka düzenlemedir. Ancak, 6360 sayılı kanun ile tüzel kişiliği kalkan ve kırsal mahalleye dönen yerleşim birimlerinde bu alanların kullanım hakkı devam etmekle birlikte, mülkiyetleri Belediyelere geçmiştir. Bu nedenle, hayvancılığın devamı için bu alanlarda 4342 sayılı kanunun uygulamaları da önemlidir.

4. POTANSİYEL RİSKLER

Tarımsal üretimde rekabet gücü yüksek ve sürdürülebilir bir tarım sektörünü sağlamanın yolu her ülkenin kendine has özellikleri nedeniyle farklılık göstermektedir. Dünyada genel olarak tarım nüfusunun yaşlanması, büyük şehirlere göç, politik tespitler, dünya politikasının şartları, tarım pazarlarının özellikleri, ekonomik düşünme zorunluluğu ve tüketici davranışları nedeniyle değişimler yaşanmaktadır (Kaiser, 2007). Türkiye’de ise tarım arazilerinin farklı amaçlarla kullanılması ile arazi kullanımı konusunda ortaya çıkan sorunlar ve küçük /parçalı arazi dağılımının önemli olduğu görülmektedir. Bu nedenle, alansal ve kalite olarak değer kaybeden toprakların daha etkin yönetilmesi için toprakların detaylı şekilde haritalanması ve kurumsal bilgilerin ulaşılabilirliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir (ÖİK,2018). Tarımsal üretimde kıt üretim faktörü olan tarım arazilerinin verimlilik ve üretkenliklerinin bozulmasında erozyon nedeni ile toprağın aşınıp taşınması, çoraklaşması, drenaj konusundaki yetersizlikler, gübre/ilaç kullanımı ve diğer atıklar nedeni ile ortaya çıkan kirlenme bozuklukları ve tarımsal amaç dışında kullanım etkili olmaktadır. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımında sanayileşme, turizm, yerleşim alanları ve kamu alt yatırımları için kullanım öne çıkmakta ve bu arazilerin geri dönüşümü çok zor veya imkansız olmaktadır (Sürer, 2022; Kılıç, 2010; Karakaya, 2010).

Türkiye’de tarım arazilerinin etkin kullanılmasına engel olan en önemli faktörlerin başında küçük ve parçalı arazi yapısı gelmektedir. Köylerin önce mahalleye daha sonra kırsal mahalleye dönüşmesi süreci ise amaç dışı kullanım riskini artıracak olması ve köylerin tüzel kişiliklerini kaybetmeleri bakımından önemli

risk alanlarıdır. Büyükşehir belediye kanununa göre büyükşehir sınırları içinde kalan orman köylerinin tüzel kişiliği devam ederken diğer köylerin tüzel kişiliği kalkmaktadır. Tüzel kişiliği kalkan köylerin malvarlıkları, hakları ve alacakları ise bağlı oldukları belediyeye devredilmektedir. Köy tüzel kişiliğine ait olan ve belediyelerin mülkiyetine geçen mera, yaylak ve otlaklar hayvancılığın devamı için önemli alanlardır. Bu alanlarda köy halkı ve kullanım hakkına sahip olanların hakları devam etmekle birlikte, gelecekte bu alanların farklı kullanım amaçlarının ortaya çıkması, satılması veya kiralanması gibi tasarruflarda bulunulması hayvancılığın gelişmesine olumsuz yansıtacak ve hayvancılığın etkinliğini azaltacaktır. 6360 sayılı yasanın çıkmasından önce büyükşehir uygulamasının pilot olarak başladığı Kocaeli ilinde köy tüzel kişiliğinin kaybedilmesinin hayvancılık faaliyetini etkileyeceğini belirten köylülerin oranı %95.9, hayvancılık faaliyetine devam edeceğini belirtenler %86.6 ve belediyeden hayvancılık faaliyetini desteklemesini bekleyenler ise %93.3'dür (Çiçek ve ark. 2018). Ancak, belediyelerin kırsala ve tarımsal alanlara yönelik olarak yapacağı destekler ve götüreceği hizmetler konusunda beklentileri karşılaması mümkün görülmemekte (Çiçek ve ark.), hayvancılık riske girmekte ve tarım arazilerinin kentsel araziye doğru vasıf değişikliğine uğraması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Görgün ve Yörür, 2017).

Büyükşehir belediye kanununa göre belediyeler tarımı desteklemek için her türlü faaliyet ve desteklerde bulunabilirler. Ancak, tarım topraklarının korunması toplumun tamamını ilgilendirmekte ve ulusal politikaların uygulanması bakımından belediyelerin kırsala ve tarımsal alana yönelik yapacakları faaliyetlerde yetersiz kalmaları önemli risk alanlarını oluşturmaktadır.

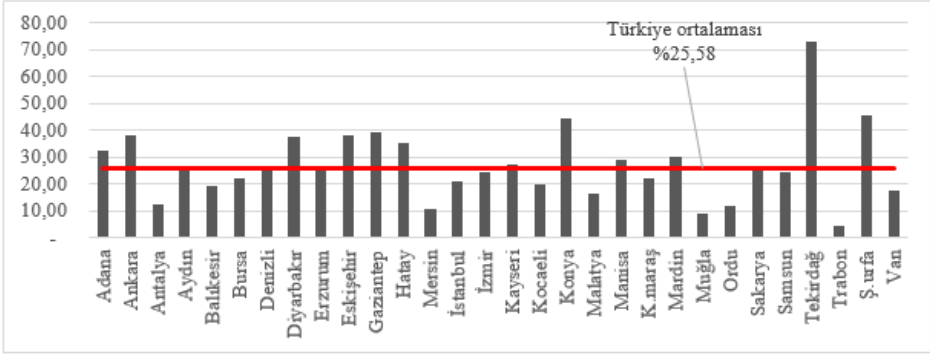
5403 sayılı yasa, tarım arazisi olarak belirlediği mutlak tarım arazisi, özel ürün arazisi, dikili tarım arazisi ve sulu tarım arazilerinin tarımsal üretim dışında kullanılmasının mümkün olmadığını belirtmektedir. Ancak, aynı düzenlemede alternatif alan bulunmaması ve “*Toprak Koruma Kurulu*” nun uygun görmesi ile Tarım ve Orman Bakanlığının izin vermesi ya da bu yetkisini Valiliklere devretmesi suretiyle bazı istisnaların olduğunu da ifade etmektedir. Bu istisnalar ise savunmaya yönelik ihtiyaçlar, 6 Şubat 2023 depremi gibi doğal afet nedeni ile geçici yerleşim yerleri ihtiyacının ortaya çıkması, petrol ve doğal gaz arama ve işletim faaliyetleri, kamu yararı alınmış madencilik faaliyetleri, kamu yararı alınmış plan ve yatırımlar, yol altyapı-üstyapı faaliyetleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili yatırımlar ve jeotermal kaynaklı sera yatırımları olarak sıralanmıştır.

“*Kırsal Mahalle ve Kırsal Yerleşik Alan Yönetmeliği*” ne göre tarımsal üretimde kullanılan bina ve araziler emlak vergisinden muaftır. Emlak vergisi ile

Belediye gelir kanunu uyarınca alınan vergi, harç ve katılım paylarının tüzel kişilikleri kaldırılan köylerde 31/12/2022 tarihine kadar alınmayacağı belirtilmiş, ancak daha sonra 2021 yılında çıkan yönetmelikle kırsal mahallelerin bunlardan muaf tutulması tarımsal üretimin devamı için olumlu bir gelişme olmuştur. Aksi takdirde toplumun en az gelirli kesimini oluşturan üreticilere ilave maddi yükümlülükler gelecek ve tarım arazilerinin elden çıkarılması ile üretimin devamı daha da güçleşecektir.

Türkiye’de yapısal sorunlardan biri olan küçük tarım işletmelerinin birçok dezavantajı olmakla birlikte bu işletmeler ekonomik ve sosyal olarak çok önemli görevler üstlenmektedir. Türk çiftçisi toprağına bağı ve onu korumak için elindeki tüm imkanları kullanan, kriz dönemlerinde ekonomide tampon görevini üstlenen ancak, düşük gelir düzeyi ve desteklemelerin yeterli olmaması, tarım arazilerinin tarım dışı potansiyel kullanım alanları için daha yüksek fiyatlara talep bulması ve refah artışı sağlaması nedeni ile çiftçiyi tarımsal faaliyetten ayrılmaya zorlamaktadır. Buna, kırsalda kültürel ve sosyal imkanların olmaması/yetersizliği, gelir düşüklüğü ve sosyal güvenceden yoksun olunması nedeni ile kırsaldan ve tarımsal faaliyetlerden gençlerin uzaklaşması da eklenmekte ve tarımsal üretimin devamını zorlaştırmaktadır. Köylerin mahalleye dönüşmesi belediye hizmetlerinden yararlanma bakımından olumlu görülmekle birlikte, arazilerin değer kazanması beklenmekte ve bunun temelinde tarım dışı kullanım imkanlarının artması bulunmaktadır. Büyükşehir uygulamasının kırsala etkisi üzerine yapılan bir çalışmada köylülerin %81.5’i köyün mahalleye dönüşmesi ile arazilerin değer kazanacağını düşünmekte ve bunu olumlu bulmakta, %91.0’ı ise tapusu olmayan ve hazineye ait arazilerin ellerinden alınacağını düşündükleri için uygulamayı olumsuz bulmaktadırlar (Çiçek ve ark. 2018).

Türkiye’de arazi yetenek sınıflarına göre tarım arazisi olarak nitelendirilen I.II.III ve IV sınıf arazilerin varlığı toplam arazi varlığının %25.58’ini oluşturmaktadır (Şekil 2; TOB, 2023a.). Özellikle tarımsal alanların yoğun olduğu yerlerde bu alanların korunması ve imara açılmaması önemlidir. Aksi takdirde tarımsal faaliyet için en değerli olan ilk 4 sınıfta yer alan araziler geri dönüşü olmayacak şekilde kaybedilecektir.



Şekil 2. I-IV. Sınıf Tarım Arazilerinin Oranı (%)

Kaynak: TOB 2023a.

5. SONUÇ

Türkiye’de nüfusun halen önemli bir bölümü kırsal alanda yaşamaktadır. 2021 yılında yapılan değişiklikler ile köy olarak adlandırılan ve tüzel kişiliği bulunan 18,214 mahalli idare birimi ve kırsal mahalleye dönüştürülerek tüzel kişiliği kalan 16,200 eski köy biriminin esas olarak tarımsal üretim faaliyetinde bulunması buralarda tarımsal faaliyetlerin desteklenmesinin ve tarım topraklarının korunmasının önemli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, tarımsal üretim faaliyeti yapılan bu alanlara ait istatistikî verilerin köy ve kırsal mahalle olarak ayrıca belirtilmesi gerekmektedir. Böylece, bu alanlardaki değişimin belirlenmesi ve uygulanacak politikaların sonuçlarının da analiz edilmesi mümkün olacaktır. Özellikle kırsal mahalle olarak adlandırılan ve tarımsal üretim faaliyetine devam eden alanlarda tarım topraklarının amaç dışı kullanım riskinin artacağı dikkate alınarak bu alanlarda uygulanacak politikalarda önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir. Kırsal mahalleye dönüşen yerleşim birimlerinde belediyelerin yetkili kılması, tarımsal faaliyet yapılan bu alanlarda belediyelerin sunduğu hizmetlere karşılık, ilave maddi yükümlülükler getirmesi nedeniyle zaten düşük gelirli olan üreticileri daha da zorlayacaktır. Köy tüzel kişiliği devam eden diğer yerler ile tarımsal üretim faaliyetlerine devam eden kırsal mahallelerde uygulanacak politika ve desteklerin eşgüdümlü olarak devam etmesi gerekmektedir. Ayrıca, kırsal mahallelerde köy tüzel kişiliğinin kaybedilmesi hem tarım topraklarının korunması hem de mevcut tarımsal üretimin devamı konusunda olumsuz sonuçlar doğuracaktır.

Gelecek kuşak tarım işletmeleri tarımda yapısal ve teknolojik değişikliklere uyum sağlayabildikleri ölçüde varlık gösterebileceklerdir. İşletme yöneticilerinin küresel değişiklikler, tarım politikalarındaki değişim, piyasa koşulları ve tekno-

lojideki gelişmeleri takip etmeleri ve buna göre işletme faaliyetlerine yön vermeleri gerekmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek ise tarımsal gelirdeki artış ve tarımsal işletme sahiplerinin eğitilmiş olmalarını gerektirmektedir. Bu nedenle, doğal kaynak olan toprak ve suyun korunmasıyla birlikte, tarımsal faaliyetlerin üreticilere ailelerinin geçimini ve işletmelerinin gelişimini sağlayacak geliri sağlaması gerekmektedir. Türkiye’de özellikle son yıllarda girdi fiyatlarındaki yüksek artışlar nedeniyle üretim maliyetlerinin artması üreticiyi zorlamakta, ürünlerin fiyatlarının maliyetlerin altında kalması ise toprakları korumak için tüm yasal tedbirler alınsa bile üreticiyi tarımsal faaliyetlerden uzaklaşmaya zorlamaktadır. Bu nedenle, tarım sektörü özellikle siyasi ve ekonomik kriz dönemlerinde ülkenin gıda güvenliğini sağlamak ve dışa bağımlılığı azaltmak için stratejik sektör olma özelliğini korumaktadır ve idari yapılanmadaki değişimlere bakılmaksızın üretimin mutlak surette desteklenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde tarım topraklarını korumak için tüm yasal düzenlemeler yapılsa bile gelir artışı sağlayamayan üretici üretimden istemese de çekilmek zorunda kalacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2010). Semisubsistenzlandwirtschaft in Europa: Konzepte und Kernfragen, Europäisches Netzwerk für ländliche Entwicklung, Hintergrundpapier für das Seminar “Semisubsistenzlandwirtschaft in der EU: aktuelle Situation und Zukunftsaussichten”, 13. – 15. Oktober 2010, Sibiu, Rumänien.
- Anonim (2015). Ökonomische nachhaltigkeit, Eine Analyse im Staatsbetrieb Sachsenforst, http://www.smul.sachsen.de/sbs/download/sbs2009_hempfling_oekonomischenachhaltigkeit.pdf; erişim 13.07.2015.
- Bardt, H., (2011). Indikatoren ökonomischer nachhaltigkeit, Analysen, Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft, Nr.72, Köln.,<http://www.econ-sense.de/sites/all/files/Analysen72.pdf>, erişim 13.07.2015.
- Çaçan, E., Yüksel, A., (2016). Çayır ve Meraların Bölgesel Kalkınma Üzerine Etkisi, ÜNİDAP Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı (Muş-2016)/UNIDAP International Regional Development Conference (Muş-2016), s.521-531.
- Çiçek, A., Ayyıldız, M., Ayyıldız, B., Erdal, G., (2018). Büyükşehir Uygulamasının Kırsal Kesime Yapılan Hizmetlere Etkisi: Kocaeli Örneği, International Congress on Agriculture and Animal Sciences, 7-9 November 2018, Türkiye.
- Görgün, K.E., Yörür, N., (2017). 6360 Sayılı Büyükşehir Kanunu Sonrası Kırsal Alanları Yeniden Düşünmek- İzmir Örneği, Aydın İktisat Fakültesi Dergisi, Cilt.2 Sayı.1, s.11-27.
- Harder, W., (2014). Soziale und ökonomische Nachhaltigkeit der Berglandwirtschaft heute und in Zukunft, Bundesamt für Landwirtschaft, Landquart, Landwirtschaftliches Bildungs- und Beratungszentrum Plantahof, 21. November 2014, www.blw.admin.ch, Erişim tarihi: 13.07.2015.
- Henseling, C., Eberle, U., Griesshammer, R., (1999). Soziale und ökonomische nachhaltigkeitsindikatoren, <http://www.oeko.de/oekodoc/79/1999-007-de.pdf>, erişim 15.07.2015.
- Högner, S., Hube, G., (2012). Ökologische Nachhaltigkeit in Klein- und Mittelständischen Betrieben Handlungsempfehlungen aus Theorie und Praxis, Schriftenreihe Der IHK Würzburg-Schweinfurt Nr. 31 / 2012.
- Kaiser, M., (2007). Wandel in der Landwirtschaft, Aktuelle Entwicklung und Hintergründe –Herausforderungen für die Zukunft-, Regionenforum Saalfelden, 27. November 2007, Saalfelden.
- Kalenderoğlu, A., (2019). 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu Kapsamındaki Tarım Arazilerinin Miras Yoluyla Devri, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Konya
- Karakaya, Z., (2010). Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımının Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Değerlendirilmesi, Ziraat Mühendisliği, Temmuz–Aralık 2010, sayı: 355, 48-53.

- Keskin, G., (2022). Türkiye’de Hayvancılığın Sürdürülebilirliğine İlişkin Makro Verilerin Analizi, *Journal of Animal Science and Products (JASP)*, 5(2), 81-94. DOI: 10.51970/jasp.112085
- Kılıç, M., (2010). Amaç Dışı Arazi Kullanımının Çevre ve Kalkınma Üzerine Etkileri: Çorum İli Toprak Sanayi İşletmeleri Örneği, http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/semp6_45.pdf, erişim tarihi: 17.09.2023.
- ÖİK, (2018). Tarımda Toprak ve Suyun Sürdürülebilir Kullanımı, T.C. Kalkınma Bakanlığı Onbirinci Kalkınma Planı (2019-2023) Özel İhtisas Komisyonu, Ankara.
- Özçelik, Ş. B., (2015). 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu’nda 6537 Sayılı Kanun’la Yapılan Değişiklikler ve Değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, C. XIX, Y. 2015, 87-110.
- RG, (1998). 4342 Sayılı Mera Kanunu, 28.02.1998 tarih ve 23272 sayılı resmi gazete.
- RG, (2005). 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, 19.07.2005 tarih ve 25880 sayılı resmi gazete.
- RG (2006). Tarım Kanunu, 25/4/2006 tarih ve 26148 sayılı resmi gazete, www.tarim.gov.tr, erişim 20.07.2015.
- RG, (2014). 6537 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkındaki Kanun, 15.05.2014 tarih ve 29001 sayılı resmi gazete.
- RG, (2014a). Tarımsal Arazilerin Mülkiyetinin Devrine İlişkin Yönetmelik, 31.12.2014 tarih ve 29222 sayılı resmi gazete.
- RG, (2012). On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, 06.12.2012 tarihli 28489 sayılı resmi gazete.
- RG, (2021). Kırsal Mahalle ve Kırsal Yerleşik Alan Yönetmeliği, 15.04.2021 tarih ve 31455 sayılı resmi gazete.
- SBB, (2023). 2024 Yılı Bütçe Gerekçesi, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/butce-gerekceleri/>, erişim tarihi: 20.11.2023.
- Sürer, M.,(2022). Miras Yoluyla Geçen Tarım Arazilerinin Paylaşılması, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- TBB, (2023). Türkiye Bankalar Birliği Tarım Sektörü Raporu, Haziran 2023, İstanbul.
- TİM, (2017). Türkiye İhracatçılar Meclisi Tarım Raporu 2016, İstanbul.
- TOB, (2023). Tarım ve Orman Bakanlığı 2022 Yılı İdare Faaliyet Raporu, Şubat 2023, Ankara.
- TOB, (2023a). Tarım ve Orman Bakanlığı verileri, Ankara.
- TOB, (2022). TOB 2019-2023 Stratejik Plan (Güncellenmiş Versiyon), Ankara.
- TOB, (2019). III. Tarım Orman Şurası (Şura Kitabı),18-21 2019, Ankara.

- TÜİK, (2022). Nüfus istatistikleri, www.tuik.gov.tr, Erişim tarihi: 16.05.2022.
- TÜİK, (2023). Tarımsal İşletme Yapı İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/Get-Kategori?p=tarim-111&dil=1>; erişim tarihi: 11.11.2023.
- TÜİK, (2023a). İstihdam, işsizlik ve ücret istatistikleri, www.tuik.gov.tr, Erişim tarihi: 16.11.2023.
- Yılmaztekin, A.E., (2022). Mirasın Taksimi ve Tarımsal Arazilerin Miras Yoluyla İntikali, Ankara Barosu Dergisi, Cilt: 80 Sayı: 4, 435 – 472.
- Yıldız, D., Yıldız, N.Ç., Ilgaz, Y., Güneş, M.Ş., Yıldız, D., (2017). Türkiye’deki Tarımsal İşgücünün Demografik ve Yapısal Dönüşümü Projesi Ön Raporu, Su Politikaları Derneği Uygulama Araştırma Merkezi, Ankara.
- Yüzal, B., (2019). Türkiye’de Tarım Arazilerinin Korunması ve Kullanımına İlişkin Sorunlar ve Politikalar, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.



BÖLÜM 4

Türkiye'de Tarımsal Üretimdeki Kayıpların Ekonomik Etkileri

Gülşen Keskin¹

¹ Prof. Dr. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
ORCID: 0000-0002-4806-0710

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 10 milyara yaklaşacağı, bu artışa karşılık üretimin ise %50-%60 oranında artması gerektiği öngörülmektedir (Çakır ve Tekçi, 2022; Selişik, 2021; TOB,2021; Anonim, 2019). Özellikle son yıllarda çevresel sorunlardaki artış ve yenilenemeyen enerji kaynaklarına alternatif arayışlar tarım ürünlerinin alternatif enerji kaynağı olarak gıda dışı kullanımlarını da gündeme getirmiştir. Küresel bu gelişmeler ile tarımsal ürünlere olan talep, alternatif kullanım alanları ve nüfus artışı ile artarken, diğer yandan dünyanın sahip olduğu kaynakların sınırlı olması bu kaynakları kullanırken gelecek nesilleri de düşünmeyi zorunlu kılmaktadır. Son yıllarda küresel bir sorun haline gelen gıda güvenliği, doğal kaynaklar, çevre ve insan sağlığı konularında önemli zorluklar oluşturan gıda kaybı ve israfı, sürdürülebilir kalkınmanın önünde önemli bir engel olarak kabul edilmektedir (Xue and Liu, 2019). Bu nedenle, tarımsal üretimde ulusal ve uluslararası düzeyde kaynakları korumayı, kayıp ve israfları azaltmayı amaçlayan stratejiler özellikle son çeyrek yüzyılda daha da önemli olmuştur. Böylece, tarımsal araziler üzerindeki yükü artırmadan kayıp ve israfı önleyerek/azaltarak tarımsal üretim miktarını artırmak mümkün olmaktadır.

Birleşmiş Milletler (BM) 2015 yılında sürdürülebilir kalkınma amaçlarını (SKA) kabul etmiş ve amaç 12.3'de üretim ve tedarik zincirindeki kayıpların azaltılması da hedeflenmiştir. Bunun için kayıpların ölçülmesi ve azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, FAO gıda kayıplarını izleyen bir Küresel Gıda Kaybı Endeksi geliştirmiştir (FAO, 2020). Kayıpların azaltılması hem toprağın korunmasını sağlayacak hem de yeni ekilebilir arazi ihtiyacını azaltacaktır. Gıda üretiminin kaynağı olan tarım ürünlerinde ortaya çıkan kayıplar her işletmede, üretim yönteminde, yetiştirilen ürünlerde ve değer zincirinin her aşamasında (Meyer et. al. 2018; Xue and Liu, 2019; Serdarasan ve Kadaifçi 2020) tarladan sofraya ulaşıncaya kadar miktar ve kalite bakımından ortaya çıkmaktadır (Dölekoğlu 2017; Serdarasan ve Kadaifçi 2020). Tarım işletmelerindeki ürün kayıpları ise tarlada, hasatta ve hasat sonrasında ortaya çıkmaktadır (Aunkofer, 2015). Üretimin her aşamasında ortaya çıkan kayıplar, tüketilmeyecek gıdanın üretimi ile doğal kaynakların boş yere tüketilmesine, olumsuz çevresel etkilere ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Tarımsal üretim miktarında tedarik zincirinin başında henüz üretim aşamasında oluşan kayıplar ile hasat ve ürün depolamada meydana gelen kayıplar nedeniyle üreticinin gelirinde azalmalar olurken diğer yandan işgücü kaybına, kullanılan kaynakların zayi olmasına, atıklar nedeniyle de çevresel etkilere ve toprağın ve suyun etkin kullanılmamasına neden olmaktadır. Ayrıca, Türkiye'de gıda enflasyonu özellikle 2017 yılından sonra artmış ve pandemi ile daha da artan tarımsal girdi fiyatları nedeniyle

maliyetlerin artışı hız kazanmıştır. Bu durum, üretim aşamasında meydana gelen bu kayıpların zaten yüksek olan gıda enflasyonuna etkisini daha da artırmaktadır.

Gıda kayıpları; son tüketiciye ulaşmadan önce gıda tedarik zincirinde herhangi bir sebeple meydana gelen fireler olarak da tanımlanmakta olup, gıda israfı ise tüketici seviyesinde herhangi bir sebeple atılan veya bozulmaya terk edilen ürünleri içermektedir (Aday ve Aday, 2021; Serdarasan ve Kadaifçi 2020). FAO (2020) ise gıda kayıplarını, “tedarik zincirinin çeşitli aşamalarında insan tüketimi için mevcut olan yenilebilir gıda miktarındaki azalma” olarak tanımlamıştır. Yenilenebilir gıda miktarındaki veya arz edilen tarımsal ürün miktarındaki kayıp olarak ifade edilen bu azalmanın yanı sıra ürünlerin kalitesindeki azalmalar da ekonomik zararlara ve besin kayıplarına neden olmaktadır. Gıda kaybı kavramı üzerinde genel kabul görmüş bir tanımlamaya ulaşmaya çalışan ve AB 7. Çerçeve Programı kapsamında desteklenen FUSIONS (Atık Önleme Stratejilerini Optimize Ederek Sosyal İnovasyon için Gıda Kullanımı) projesinde ise gıda kayıpları daha geniş bir kapsamda ele alınmış, hasat edilmemiş ürünleri ve yenmeyen kısımları da kayıp olarak tanımlamıştır (Meyer et.al.2018; EU, 2023). AB’nin 178/2002 sayılı yönetmeliğine göre bitkiler veya bitki parçaları hasat edilene kadar gıda olarak kabul edilmemekte, dolayısıyla hasat edilmemiş ürünler genellikle gıda kaybı olarak kaydedilmemektedir. Türkiye’de 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanununa göre de hasat edilmemiş bitkiler gıda olarak kabul edilmemektedir. Ancak özellikle meyve, sebze ve patates üretiminde değer zincirinin başlangıcındaki kayıplar önemli rol oynamaktadır. FAO, Avrupa meyve ve sebze üretiminin yanı sıra patates üretimi için de hasat sırasında ve ayıklama gibi işlemlerde kayıpların, üretilen miktarın yaklaşık %25’ini oluşturduğunu tahmin etmektedir. (Peter et.al. 2013; EU, 2002). Üretim planlamasının olmaması veya etkin uygulanamaması ürünün bol olduğu zamanlarda hasat edilmeden tarlada bırakılmasına neden olmakta, işletme ve makro düzeyde sorun yaratmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) tarafından 2023 yılında çıkarılan “Tarımsal Üretimin Planlanması Hakkındaki Yönetmelik” ile bitkisel üretim, hayvansal üretim ve su ürünleri üretiminde tarım havzası veya işletme bazında üretim planlanması yapılacağı belirtilmektedir. Yönetmeliğe göre bitkisel üretim planlaması; kalkınma planları, orta vadeli programlar, TOB stratejik planları ve kuraklık yönetim planlarını dikkate alarak, sulama durumu, arz ve talep dengesi, yeterlilik oranı, nüfus projeksiyonları, ekim veya dikim alanı, üretim, fiyat, ihracat, ithalat ve tüketim değişkenleri için geçmiş dönemleri kapsayan istatistiki verilerin değerlendirilmesi ile yapılacaktır.

Kayıplar hasattan başlamakta depolama, taşıma, pazarlama ve perakende sektörüne kadar uzanmaktadır ve bu kayıplara nihai tüketicideki israflar da

katıldığında ekonomiyi zorlayıcı boyutlara ulaşabilmektedir (Keskin, 2021). Dünya’da insan tüketimi amacıyla üretilen gıdanın yaklaşık üçte biri, 1,3 milyar ton gıda, sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlara en önemlisi de iklim değişikliği ile ilgili sorunlara neden olarak kayba uğramakta ya da israf edilmektedir (FAO, 2011; TOB, 2021). Türkiye’de özellikle kayıpların çok fazla olduğu sebze ve gıda güvencesini sağlamada temel gıda olan tahıllarda da kayıpların azaltılması önemlidir. 3. Tarım ve Orman Şurasında gıda kaybı ve israfının azaltılması konusunda strateji olarak sürdürülebilir gıda üretiminin desteklenmesi, destekleme sisteminin hasat öncesi ve sonrası kayıpları azaltacak bir şekilde yapılması gerektiği belirtilmiştir (TOB, 2019).

Tarım ürünleri/gıdalarda ortaya çıkan kayıp ve israfın azaltılması/önlenebilmesi için değer zincirinin her aşamasında ortaya çıkan kayıp ve israfın kaynağının belirlenmesi ve bunun ölçülmesi gerekmektedir. Kayıp ve israfın küresel bir sorun olarak görülmesi nedeniyle ulusal düzeyde olduğu gibi uluslararası düzeyde de çalışmalar yapılmaktadır. FAO Gıda Kaybı Endesine göre ilk küresel gıda kaybı tahminleri 2016 yılında üretilen gıdanın %13,8’inin tarımsal işletme düzeyinde gerçekleştiğini göstermektedir (FAO, 2020, Tekiner ve ark. 2021). Türkiye’de ise tarımsal ürünlerdeki kayıpların belirlenmesinde en önemli veri kaynağı ürün denge tablolarıdır. Türkiye’de önemli tarımsal ürünlerde ürün denge tablolarının hazırlanması “Durum ve Tahmin” çalışmaları adı altında ilk olarak buğdayda 1997/98 piyasa yılında Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü (TEAE) yeni adı ile Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE) ile başlamıştır. Halen bitkisel ürünlerde denge tablolarının hazırlanması görevi ise resmi olarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yapılmaktadır. Bu çalışmalar Türkiye çapında üretim kayıpları ile ilgili en kapsamlı verileri oluşturmaktadır. Ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar, araştırma raporları veya projelerde de kayıp ve israf ile ilgili çalışmalar olmakla birlikte bunların kapsamı belirli alan veya ürünler ile sınırlıdır (Çiftçi ve Demirbaş, 2020; Meyer et.al.2018; Xue and Liu, 2019; Aunkofer, 2015; Tatlıdil et.al. 2013; Peter et.al. 2013; Göbel et.al. 2012). Bu çalışmada, Türkiye’de bitkisel ürünlerdeki kayıplar TÜİK verileri ile değerlendirilmiş ve kayıpların ekonomik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

1. TARIMIN EKONOMİDEKİ YERİ

Türkiye, 2022 yılında 31.6 milyon ton sebze, 26.8 milyon ton meyve, içecek ve baharat bitkileri üretmiştir. İşlenen tarım alanları ise 2010-2022 yılları arasında %2.18 azalarak 23.8 milyon hektara düşmüştür (TÜİK, 2023). Tablo 1’e göre 2018-2022 yılları arasında nüfus 2.9 milyon kişi (%3.5) ve toplam istihdam

yaklaşık 2 milyon kişi (%6.6) artarken tarım nüfusu 700 bin kişi (%11.1) ve tarımsal istihdam 500 bin kişi (%9.4) azalmıştır. Aynı yıllarda tarımın GSYH'daki payı %6.5, ihracattaki payı %11.9 ve ithalattaki payı ise %7.5 olmuştur.

Tablo 1. Türkiye’de Tarımın Ekonomiye Katkısı

Göstergeler		Yıllar			
		2018	%	2022	%
Nüfus ve istihdam	Nüfus (milyon kişi)	82.0		84.9	
	Tarım Nüfusu (milyon kişi)	6.3	7.7	5.6	6.6
	İstihdam (milyon kişi)	28.8		30.7	
	Tarımsal istihdam (milyon kişi)	5.3	18.4	4.8	15.6
Bitkisel ürünler (milyon ton)	Buğday	20.0		19.7	
	Arpa	7.1		8.5	
	Mısır	5.7		8.5	
	Domates	12.2		13.0	
	Pamuk (kütü)	2.6		2.8	
	Şeker pancarı	18.9		19.0	
	Zeytin (2017-2018;2021-2022)	2.1;1.5		1.7;2.9	
Hayvansal ürünler	Et (milyon ton)	1.6		1.9	
	Süt (milyon ton)	20.7		23.2	
	BB sayısı (milyon baş)	17.2		17.0	
	KB sayısı (milyon baş)	46.0		56.0	
GSYİH (milyar \$)	Toplam GSYİH	783.6		909.8	
	Tarımsal GSYİH	45.4	5.8	58.9	6.5
Dış Ticaret (milyar \$)	Toplam İhracat	177.0		254.0	
	Tarım ürünleri ihracatı	19.5	11.0	30.3	11.9
	Toplam ithalatı	223.0		363.0	
	Tarım ürünleri ithalatı	14.1	6.3	27.2	7.5

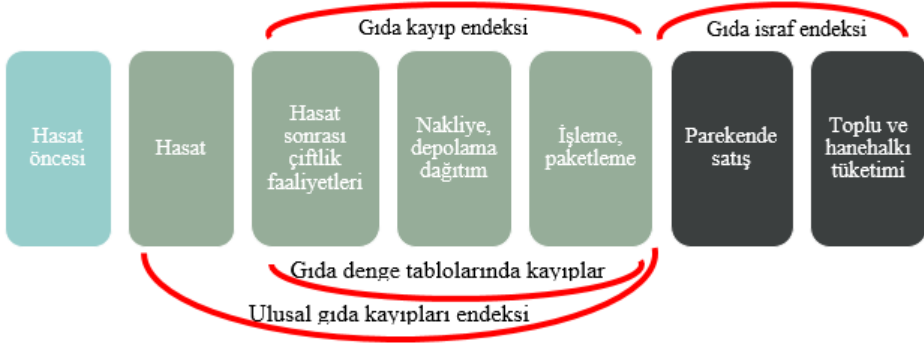
Kaynak: TÜİK 2023;2023a.2023b,2023c

*2022 ortalama döviz kuru 16.5 TL

2. ÜRETİM KAYIPLARININ NEDENLERİ

Küresel Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA), sürdürülebilir üretim ve tüketimi SKA 12’de ele almış, küresel gıda kayıp (12.3.1.a) ve israf endeksinin (12.3.1.b) kapsamını belirlemiştir (Şekil 1). SKA hasat öncesi kayıpları gıda kayıpları kapsamında dikkate almamakla birlikte, hasat öncesi kayıplar da iklim değişikliği veya üretim planlamasının olmaması gibi nedenlerden bazı yıllarda önemli boyutlarda görülebilmektedir. Ancak, şiddetli hava olayları ve doğal afetlerden kaynaklan hasat öncesi kayıplar FAO (2020)’ye göre SKA 1.5 kapsamında ele alınabilmektedir. Hasat öncesi koşullar ve tarladaki faaliyetler, olumsuz iklim koşulları, hasat öncesi yabancı ot, böcek zararı, hastalıklar gibi nedenlerden oluşan

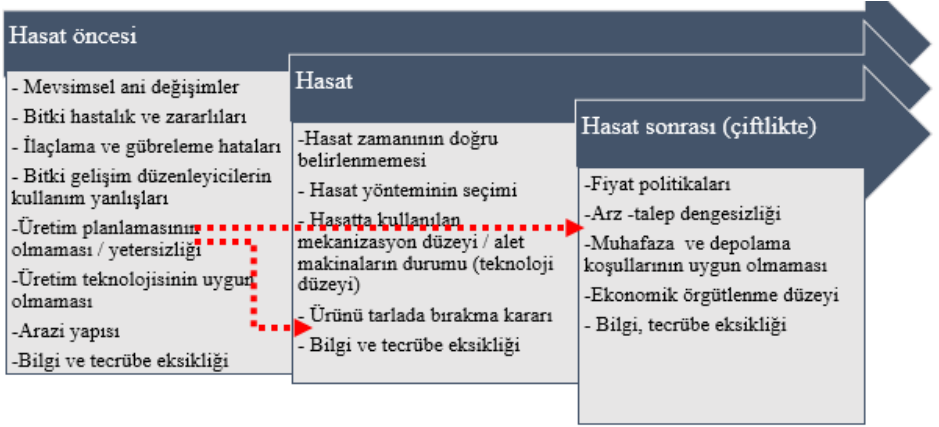
zararlar zincirin sonraki aşamalarında gerçekleşen kayıpları dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Bazen ürünler pazarın belirlediği kalite standartlarını karşılamaması, hasat dönemindeki başarısızlıklar, düşük piyasa fiyatı, yüksek iş gücü maliyeti, üretici kazancının hasat ve nakliye giderlerini karşılamaması gibi ekonomik nedenler ile hasat edilmeden tarlada bırakılmaktadır. Meteorolojik tahminleri takip edememek, toprak analizi yaptırmamak, uygun pestisit uygulamalarını takip etmemek ve hasatın zamanlamasını planlamamak da hasat öncesi ürün kaybına etki eden diğer etkenlerdir. Bu kayıpların bir kısmı ürünün hasat edilmemesi veya uygun zamanda hasat edilmemesi gibi önlenabilir kayıplar iken hava koşulları gibi bir kısmı ise önlenemeyen kayıplardır (Aunkofer, 2015).



Şekil 1. Bölgesel ve Küresel Gıda Kaybı ve İsrafının Kapsamı (FAO, 2023)

Üretim sırasında, hasatta ve ürünler işletmede iken henüz tüketiciye ulaşmadan ortaya çıkan kayıpların çeşitli nedenleri vardır (Aday ve Aday, 2021; Çiftçi ve Demirbaş, 2020; Güneş, 2020; Anonim, 2019; Meyer et.al.2018; Aunkofer, 2015; Ünlü, 2015). Şekil 2’de hasat öncesi, hasat aşaması ve işletmede hasat sonrası ortaya çıkan kayıpların genel nedenleri görülmektedir. Bu kayıpların bir kısmı önlenebilirken veya azaltılabilirken bazılarını ise önlemek veya azaltmak mümkün olamamaktadır. Ürün kayıplarında ürünün özellikleri, depolama koşulları, işletmecilerin özellikleri, işletmelerin altyapısı, ekonomik örgütlenme düzeyleri önemlidir. Kayıpların en çok hangi durumda ve ne düzeyde oluştuğu, ne kadarından kaçınılabileceği veya bu kayıpları azaltma imkanı olup olmadığının belirlenmesi önemlidir (Aunkofer, 2015). Ürünlerin her aşamadaki kayıp nedenleri ve bunların toplam kayıptaki paylarında ürünlerin özellikleri önemlidir. Ancak bununla birlikte genel olarak kayıpların nedenlerini Çiftçi ve Demirbaş

(2020) İzmir ilinde seçilmiş meyve ve sebzelerde yaptıkları çalışmada hasat öncesi kayıplarda mevsimsel faktörlerin en önemli unsur olduğunu, bunu bitki hastalık ve zararlıları, yanlış kullanılan pestisit ve bitki gelişim düzenleyicilerinin izlediğini tespit etmiştir. Hasatta kayıplara etki eden en önemli faktörün hasat zamanının doğru belirlenmemesi ve hasat yöntemi olduğu, hasat sonrası kayıpların ise aracı, tüccar ve şirketlerin fiyat politikası, hasat sonrası muhafaza koşulları ve arz/talep dengesizliği, uygun olmayan istifleme şekli ve muhafaza kapları ve bilgi, tecrübe eksikliğinden kaynaklandığını belirlemişlerdir. Ünlü (2015), yaş meyve sebze üretimindeki kayıpların sebebini üretim sırasındaki yanlış uygulamalar, hastalık ve zararlılarla mücadele konusundaki eksiklikler/hatalar, hasatta uygun tekniklerin kullanılmaması, hasat sonrası ön soğutmanın uygun yapılamaması, uygun muhafaza ve ambalajlamanın eksik olması ve işçilik hataları olarak belirtmektedir. Yetersiz planlama, gereğinden fazla gıdanın alınması, endüstriyel işleme sırasındaki hatalar, yönetsel, finansal ve teknik zorluklar ve tüketici davranışları da kayıp ve israfa neden olmaktadır (Aday ve Aday, 2021; Meyer et.al. 2018;).



Şekil 2. Tarım Ürünlerinde Kayıpların Nedenleri

Hasat sonrası kayıpların önlenmesinde tarım sektöründe çalışanların eğitimi, ulaşım alt yapı şartlarının iyileştirilmesi, soğuk hava depolarının yapılması/sayısının artırılması, doğru ürüne doğru ambalajın seçilmesi, hali hazırda kullanılan teknolojilerin iyileştirilmesi gibi faktörler hasat sonrası kayıpların ciddi oranda azalmasını sağlayacaktır (Anonim, 2019). Düşük gelirli ülkelerde kayıpların oluşmasında hasat teknikleri, depolama, soğuk zincir, paketleme gibi alanlarda mali yetersizlikler, yönetim ve teknik yetersizlikler etkili olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, hasat sonrası kayıplar görece daha düşük ve kayıpların %40'ı perakende ve tüketim aşamasında, gelişmekte olan ülkelerde ise kayıpların %40'ı hasat ve işleme düzeyinde ortaya çıkmaktadır (Selşik, 2021; Tekiner ve ark., 2021;

Güneş, 2020; FAO, 2011). Gelişmekte olan ülkelerde iklim değişikliğinin küçük çiftlikler üzerine etkileri ve kaynakların etkin kullanılabilmesi için hasat sonrası kayıpların azaltılması konusunda yapılan çalışmaların, fayda maliyet analizinin güvenilir ve sağlam bir yaklaşımla yapılması da önemlidir (Anonim, 2019). FAO, gıda kayıplarının nedenini temel olarak zayıf altyapı ve lojistik, teknoloji eksikliği, tedarik zinciri aktörlerinin yetersiz beceri, bilgi ve yönetim kapasitesi ve pazarlara erişim eksikliği gibi gıda tedarik zincirlerindeki verimsizlikler ve ayrıca doğal afetler olarak belirtmektedir (EU, 2023). Tekiner ve ark. (2021) ve Ünlü (2015) yaş meyve ve sebzede genel anlamda kayıpların hasat esnasında %4-12, ürünlerin pazara veya hale taşınmasında %2-8, pazara hazırlık sırasında %5-15, depolama sürecinde %3-10 ve tüketim esnasında %1-5 olmak üzere toplamda %15-50 arasında olduğunu, Çiftçi ve Demirbaş (2020) ise İzmir ilinde yaklaşık olarak üzümde %23.3; incirde %18.3, kirazda %17.54, hıyarda %20.70, domateste %9.7 ve biberde %9.42'lik kayıp oluştuğunu, araştırma kapsamına aldıkları meyve ve sebzelerde tarımsal üretim aşamasında oluşan kaybın ise ortalama %16.48 olduğunu belirlemişlerdir. Tatlıdil ve arkadaşları (2013) tahıllar, kök ve yumru bitkiler, yağlı tohumlar, baklagiller, meyve ve sebzeler, et, balık, deniz ürünleri, süt ve süt ürünleri ve yumurta için yaptıkları çalışmada kayıpların en yüksek olduğu aşamanın gıda zincirinin ilk halkası olan üretimde oluştuğunu belirlemişlerdir. Buna göre, üretim aşamasında meyve ve sebzede %20, yağlı tohum ve baklagillerde ise %15 kayıp yaşanmaktadır. Güneş (2020) ise Türkiye'de kayıpların nedeni olarak üretim sürecinde yeterli özenin gösterilememesi, üreticinin yeterli bilgi sahibi olmaması, tarımsal eğitim ve AR-GE sorunu, üretimde meteorolojik tahminlerin yeterince takip edilmemesi, üretim planlaması yetersizliği ve arz fazlası ürünlerin etkin şekilde değerlendirilmemesi, soğuk hava deposu sayısının yetersiz oluşu veya yeterli teknik özellikleri haiz olmaması, ürün hallerinde depolama şartlarının yetersiz olması, nakliye aşamasında araçların doğru taşıma kriterlerine sahip olmaması, aracı firmaların çok sayıda olması sebebiyle soğuk zincirin bozulması, üretimde hijyen ve depolama koşullarına uyulamaması, sıcaklık ve nem kontrollerine uyulmaması, ürün piyasalarında başta fiyat olmak üzere kalite, miktar, talep temelli sorunların yaşanması olarak sıralamıştır.

3. KAYIPLARIN EKONOMİK ÖNEMİ VE ETKİLERİ

Türkiye’de TÜİK verilerine göre 2010 yılında kişi başına 3.3 dekar ekili tarım alanı düşerken 2021 yılında bu değer yaklaşık 0.6 da azalış ile 2.7 dekara gerilemiştir. Bu azalışta nüfusun artışı (%14.9) yanında tarım alanlarındaki azalma da (%3.8) etkili olmuştur. Nüfus artmaya devam edeceği ve ortalama insan ömrü uzayacağı için tarım alanlarının daha etkili kullanılması zorunludur. Göbel et.al. (2012)’e göre Almanya’da bir kişinin gıda ihtiyacı için 2.3 dekar tarım alanına ihtiyaç vardır ve gıda kayıplarının azaltılması ile yaklaşık 1.2 milyon hektar alan alternatif alanlar için kullanılabilir hale gelmekte; ancak, artan nüfusa karşılık daha fazla alana ihtiyaç duyulması da kaçınılmaz olmaktadır (Aunkofer, 2015). Dünyada kişi başına düşen tarım arazisi miktarının ise 2050 yılına kadar 2.0 dekardan 1.6 dekara düşmesi beklenmektedir (TOB, 2021).

Türkiye’de bitkisel ürünlerde üretim kayıpları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’deki üretim kayıpları; ürünün hasat edilmesi sırasında ve hasat edilen ürünün çiftlik avlusuna getirilinceye kadar meydana gelen kayıpları içermektedir. Diğer üretim kayıpları ise ürünün çiftlik avlusuna getirilmesinden sonraki süreçte taşınması, işlenmesi ve depolanması sırasında meydana gelen kayıplardır (TÜİK, 2023) . Tarım ürünleri/gıda kayıpları su, toprak, enerji, emek ve sermaye gibi kaynakların büyük ölçüde boşa gitmesi anlamına gelmekte ve bu nedenle zararları sadece gıdalla sınırlı kalmamaktadır (Güneş, 2020). Tarımsal işletme düzeyinde ortaya çıkan ürün kayıpları tarımsal üretimin en önemli girdisi olan su kaybına da neden olduğu için kayıpların azaltılması veya tarımsal kaynakların daha etkili kullanılması insanların daha fazla suya ulaşmasına imkan sağlayacaktır. Küresel su kullanımı son yüzyılda 6 kat artarken nüfus 2 kat artmıştır (Çapar, 2023). Dünya su ihtiyacının %70’i ise tarımsal üretim için gereklidir ve günümüzde gıdanın yaklaşık %40’ı sulama sistemleri ile üretilmektedir. Dünya ekim alanlarının yaklaşık %20’sinin ise düzenli olarak sulanması gerekmekte, aksi takdirde verimde büyük kayıplar ortaya çıkmaktadır (Aunkofer, 2015; Göbel et.al. 2012) Bu nedenle, üretimde önlenabilir kayıplar insanlar için daha fazla su anlamına gelmektedir ve kıt kaynak olan suyun etkin kullanılması sağlanmış olmaktadır.

Türkiye, bitkisel üretimde yıllık ortalama 5-6 milyon ton gübre kullanmakta olup, gübre hammadde kaynaklarının yetersizliği nedeniyle, hammadde açısından ithalata bağımlıdır ve üretimin tüketimi karşılama oranı %50-80 arasında değişkenlik göstermektedir (TAGEM, 2018). Türkiye’de tarımsal girdilerde dışa bağımlılık oranı tohumda yaklaşık %13 iken, karma yemde %45, pestisitte %85, gübrede %87 ve motorinde %100’dür (Ekşi, 2020). Türkiye’de 2015 yılı itibarıyla, etkin bitki besin maddesi (BBM) bazında, hektar başına gübre kullanımı

yaklaşık 92.2 kg iken 2013 yılı Dünya Bankası verilerine göre, AB-27 ülkeleri ortalaması 179.9 kg/ha'dır (ÖİK 2018). Tarımda dışa bağımlı olunan önemli girdilerden mazot kullanımı, ürünlere ve mekanizasyon düzeyine göre değişmekte, Dellal ve ark. (2007)'e göre Türkiye'de dekara 5 litre ile 25 litre arasında değişmekte olup, ortalamada 7,3 litre/da ve yıllık kullanım ise yaklaşık 1,5 milyar litredir. Tarımsal girdilerde dışa bağımlılık hem döviz çıkışına neden olmakta hem de gübre tüketim miktarlarındaki yetersizlikte olduğu gibi kullanım düzeyleri nedeni ile üretim kayıplarının azaltılması/önlenmesinin önemini daha da artırmaktadır. Ayrıca bilinçsiz gübre kullanımı da yeraltı sularını kirletmekte ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bitki koruma uygulamalarının da gerektiği gibi yapılmaması yalnızca ürün kayıplarına değil, aynı zamanda kalite kaybına da neden olmaktadır (TOB, 2021). Türkiye'de hiç tarım ilacı kullanılmaması durumunda ortalama ürün kaybının %65 olacağı ve tarım ilacı kullanılmasına rağmen de ürün kayıplarının %35 olduğu tahmin edilmektedir (Ünlü, 2015). Çiftçi ve Demirbaş (2020) ürün kayıplarının azaltılmasında etkili olabilecek faktörleri, üretici kooperatiflerinin kurulması, üreticilerin parsellerini birleştirerek birlikte üretim yapmaları, eğitim ve yayım faaliyetlerinin artırılması, kırsal kalkınma desteklerinin artırılması, tarımsal danışmanlık hizmetlerinin yaygınlaştırılması olarak ifade etmişlerdir.

Türkiye, büyük miktarda biyolojik olarak parçalanabilir atık üreten bir ülkedir. Yapılan araştırmalar, Türkiye'nin biyolojik olarak parçalanabilen atıkları enerji kaynağı olarak kullanarak, nadasa bıraktığı alanlarda enerji bitkileri yetiştirerek ve gıda tedarik zincirinin ilk aşamalarında kaybedilen biyo kütleyle kullanarak enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabileceğini göstermiştir (Salihoğlu et.al. 2018). Gıda kayıpları ve israfının azaltılması, gıda güvenliği ve beslenmeye, sürdürülebilir gıda sistemlerine ve aynı zamanda, ekonomi ve çevreye olumlu katkıda bulunacak ve aynı zamanda, iş verimliliği ve ücretler üzerine de sosyal bir etkisi olacaktır (TOB, 2021). 2021 yılında FAO Konferansı'nda kabul edilen Gıda Kaybı ve İsrafının Azaltılmasına Yönelik Gönüllü Davranış İlkeleri (GKİGD), gıda kaybı ve israfını azaltmak için hükümetler ve diğer paydaşların gönüllülük esasıyla hayata geçirebilecekleri uygulamalara ilişkin yerel ve ulusal düzeylere uyarlanabilir yol gösterici ilke ve standartları ortaya koymuştur. GKİGD'da öncelikli olarak gıda tedarik zincirlerinde oluşan kayıp ve israfın önlenmesi yer almaktadır. Bunu sırası ile fazla gıdanın veya satılmayan/pazarlanamayan gıdaların kurtarılması/yeniden dağıtılması, hayvan yemine yönlendirilmesi/gıda dışı ürünlere dönüştürülmesi, enerji üretimi ve gübre olarak kullanılmak üzere dönüştürülmesi, enerji üretmek üzere yakılması ve yakarak veya atık sahalarında imha edilmesi takip etmektedir (FAO, 2022). TOB kayıp ve israfın

azaltılmasına yönelik olarak ulusal ve uluslararası düzeyde çalışma ve projeler yürütmüştür. Bunlardan bazıları “Gıdanı Korumak” kampanyası, “Sıfır Atık Projesi”, “Ekmek İsrafını Önleme” kampanyasıdır.

Türkiye’de 2021/22 piyasa yılında tarımsal işletme düzeyinde en az kaybın olduğu ürünler sert kabuklu meyveler (%3.4) ve en yüksek kaybın olduğu ürün /ürün grupları ise sırası ile soya (%21.4), kuru sarımsak (%20.0), sebzeler (%13.2) ve taş çekirdekli meyvelerdir (%10.8). Miktar olarak en yüksek kayıp ise 3.7 milyon ton ile sebzelerde ve 2.6 milyon ton ile tahıllarda olmuştur (Tablo 2; Grafik1; Grafik 2; Grafik 3). Son 3 piyasa yılında ise toplam üretim kayıpları sert kabuklular, tahıllar, kuru baklagiller, pirinç, ayçiçeği ve pamukta artmış, diğer ürün/ürün gruplarında ise azalmıştır (Tablo 2).

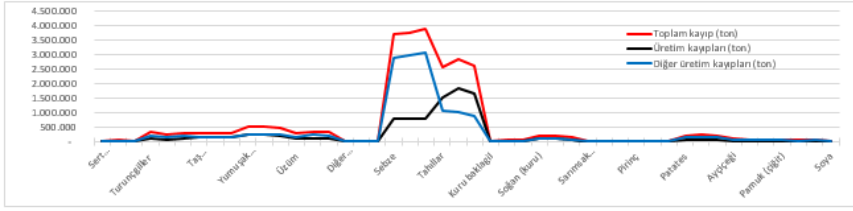
Dünyada ve Türkiye’de en çok üretilen ve ticarete konu olan ürünlerin başında domates ve ürünleri ile tahıllar gelmektedir. FAOSTAT verilerine göre ürün denge tablolarında yer alan kayıplar bakımından Türkiye’nin domates ve ürünlerindeki kayıpları 2020 yılında %15 ile dünya ortalamasından (%9.6) fazladır. Buğday ve ürünlerinde de Türkiye’nin kayıpları (%12.7) dünya ortalamasının (%3.8) üzerindedir. FAOSTAT denge tablolarında ürün kayıpları hasat öncesi ve hasat sırasındaki kayıplar ile hanehalkı atıklarını kapsamamaktadır (FAO, 2023a). Türkiye’nin yakın coğrafyasındaki ülkelerde ise Ukrayna ve Rusya’da buğday ve ürünlerindeki kayıplar sırası ile %1.8 ve %0.5’dir. Domates ve ürünlerinde ise önemli ülkeler olan İspanya (%4.8), Yunanistan (%9.9) ve İtalya’da (%3.0) da kayıp oranları daha düşüktür. Bu durum Türkiye’nin bu ürünlerde kayıp oranlarını azaltabileceği bir marja sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Türkiye’de Bitkisel Ürünlerde Üretim Kayıpları ve Üretimdeki Payları

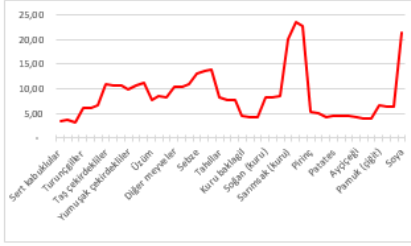
Ürün	Piyasa yılı	Üretim (ton)	Üretim kayıpları (ton)	Diğer üretim kayıpları (ton)	Toplam kayıp (ton)	Üretim kaybı / üretim %	Diğer üretim kayıpları / üretim %	Toplam kayıp %
Sert kabuklular	2021/22	1,384,147	24,967	21,447	46,414	1.80	1.55	3.35
	2020/21	1,483,314	27,856	28,037	55,892	1.88	1.89	3.77
	2019/20	1,308,701	21,714	19,826	41,540	1.66	1.51	3.17
Turuncgiller	2021/22	5,362,615	114,607	212,827	327,434	2.14	3.97	6.11
	2020/21	4,348,742	90,963	181,025	271,989	2.09	4.16	6.25
	2019/20	4,301,415	98,281	187,159	285,440	2.28	4.35	6.64
Taş çekirdekli	2021/22	2,915,503	160,651	155,168	315,818	5.51	5.32	10.83
	2020/21	2,985,635	163,482	152,211	315,693	5.48	5.10	10.57
	2019/20	2,858,768	156,770	147,703	304,473	5.48	5.17	10.65
Yumuşak çekirdekli	2021/22	5,215,625	272,218	244,028	516,246	5.22	4.68	9.90
	2020/21	5,035,306	262,804	273,794	536,599	5.22	5.44	10.66
	2019/20	4,330,017	226,075	261,697	487,772	5.22	6.04	11.26
Uzüm	2021/22	3,670,000	106,430	181,660	288,090	2.90	4.95	7.85
	2020/21	4,208,908	122,058	237,751	359,810	2.90	5.65	8.55
	2019/20	4,100,000	118,900	225,157	344,057	2.90	5.49	8.39
Diğer meyveler	2021/22	241,420	6,467	18,401	24,869	2.68	7.62	10.30
	2020/21	207,967	5,629	16,108	21,736	2.71	7.75	10.45
	2019/20	180,593	5,084	14,586	19,670	2.82	8.08	10.89
Sebze	2021/22	28,112,109	807,670	2,910,577	3,718,247	2.87	10.35	13.23
	2020/21	27,852,702	804,966	2,983,187	3,788,153	2.89	10.71	13.60
	2019/20	27,881,301	802,668	3,084,995	3,887,663	2.88	11.06	13.94
Tahıllar	2021/22	30,868,473	1,526,938	1,053,171	2,580,108	4.95	3.41	8.36
	2020/21	36,207,508	1,831,617	1,017,502	2,849,119	5.06	2.81	7.87
	2019/20	33,401,704	1,690,777	912,631	2,603,408	5.06	2.73	7.79
Kuru baklagiller	2021/22	1,056,643	16,482	31,178	47,660	1.56	2.95	4.51
	2020/21	1,296,867	21,050	33,818	54,868	1.62	2.61	4.23
	2019/20	1,230,281	20,055	31,950	52,005	1.63	2.60	4.23
Soğan (kuru)	2021/22	2,500,000	105,000	104,368	209,368	4.20	4.17	8.37
	2020/21	2,280,000	95,760	95,640	191,400	4.20	4.19	8.39
	2019/20	2,200,000	92,400	93,208	185,608	4.20	4.24	8.44
Sarımsak (kuru)	2021/22	132,617	1,459	25,067	26,525	1.10	18.90	20.00
	2020/21	116,840	1,285	26,112	27,398	1.10	22.35	23.45
	2019/20	103,096	1,134	22,451	23,585	1.10	21.78	22.88
Pirinç	2021/22	600,000	6,000	25,620	31,620	1.00	4.27	5.27
	2020/21	588,000	5,880	23,290	29,170	1.00	3.96	4.96
	2019/20	600,000	6,000	19,305	25,305	1.00	3.22	4.22
Patates	2021/22	5,100,000	86,700	141,700	228,400	1.70	2.78	4.48
	2020/21	5,200,000	88,400	144,018	232,418	1.70	2.77	4.47
	2019/20	4,979,824	84,657	141,112	225,769	1.70	2.83	4.53
Ayçiçeği	2021/22	2,415,000	19,320	80,430	99,750	0.80	3.33	4.13
	2020/21	2,067,004	16,536	65,633	82,169	0.80	3.18	3.98
	2019/20	2,100,000	16,800	69,322	86,122	0.80	3.30	4.10
Pamuk (çiğit)	2021/22	1,350,000	27,000	62,180	89,180	2.00	4.61	6.61
	2020/21	1,064,189	21,284	47,784	69,068	2.00	4.49	6.49
	2019/20	1,320,000	26,400	58,611	85,011	2.00	4.44	6.44
Soya	2021/22	182,000	1,456	37,426	38,882	0.80	20.56	21.36
	2020/21	155,225	1,242	35,474	36,716	0.80	22.85	23.65
	2019/20	150,000	1,200	39,356	40,556	0.80	26.24	27.04

Kaynak: TÜİK, 2023

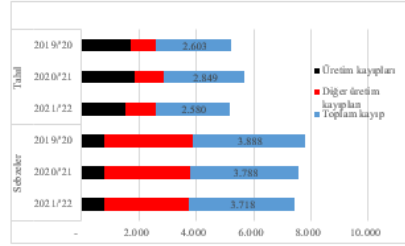
Sebze: Kuru soğan ve kuru sarımsak hariç; Diğer meyveler: Ahududu, avakado, iğde, keçiboynuzu, kızzilek, kivi, muşmula, Trabzon burması ve yemidunya; Taş çekirdekli: Şeftali, erik, kayısı, kiraz, vişne; Yumuşak çekirdekli: elma, armut, ayva; Sert kabuklular: Antep fıstığı, badem, ceviz, fındık, kestane; Kuru baklagiller: Kuru fasulye, mercimek, nohut



Grafik 1. 2021/22-2019/20 Piyasa Yıllarında Üretim Kayıpları (ton)



Grafik 2. 2021/22- 2019/20 Pazarlama Yılı Ürün Kayıpları (%)



Grafik 3. Ürün Kayıp Miktarları (1000 ton)

TÜİK tarafından hazırlanan bitkisel ürünler denge tablosu verileri kullanılarak Tablo 2'deki önemli ürünlerin 2019-2021 yılları arasındaki 3 yıllık ortalama kayıpları ve 2021 yılı fiyatları dikkate alındığında yıllık ortalama kayıp tutarı 3.3 milyar \$ ve kayıp miktarı 8.7 milyon ton/yıl olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3). Türkiye'de TÜİK 2020 verilerine göre yapılan hesaplama ile yılda 19.1 milyon ton gıda kaybolmakta ya da israf edilmektedir (TOB, 2021). Üretimde ortaya çıkan kayıpların en fazla olduğu ürünler sebze ve tahıllar olup her iki grup temel olarak önemli farklılıklara sahiptir. Sebze üretimi yoğun emek ve sermaye gerektirirken, önemli özellikleri çabuk bozulmaları, taşıma ve muhafaza koşullarının önemli olması, örgütlenme düzeyinin yetersizliği/olmayışı, aracı sayısının fazlalığı belirleyici unsurlardır. Tahıl üretiminde ise mekanizasyon ve muhafaza koşulları belirleyici özelliklerdir. Sebze üretimindeki kayıpların miktar olarak %54.5'i ve değer olarak %44.0'ı sadece domates üretimden kaynaklanmaktadır. Domates üretiminde 2000-2019 yılları arasında üretim kayıplarının değeri artmış ve bu üretim için kullanılan alan 264.7 bin dekardan 287.4 bin dekara, kullanılan işgücü ise 37.6 bin kişiden 40.8 bin kişiye çıkmıştır. Üretimde kıt kaynak olan 287 bin dekar ekonomi dışına çıkmış ve yaklaşık 41 bin tarım çalışanın emekleri de üretimde kullanılmalarına karşın kayıplar nedeniyle heba olmuştur (Keskin, 2021).

Tablo 3. 2019-2021 Yılı Ortalama Kayıplar (2021 yılı fiyatlarıyla; 1000 \$)

Ürünler	Kayıplar (1000 \$)	Kayıpların payı (%)	Kayıp miktarı (ton)	Kayıp miktarındaki payı (%)
Sert kabuklular	185,484	5.61	47,949	0.55
Turunçgiller	69,152	2.09	294,954	3.38
Taş çekirdekli	244,527	7.40	311,995	3.57
Yumuşak çekirdekli	192,292	5.82	513,539	5.88
Üzüm	87,215	2.64	330,652	3.78
Diğer meyveler	19,731	0.60	22,092	0.25
Sebze	1,119,086	33.87	3,798,021	43.47
Tahıllar	950,130	28.76	2,677,545	30.65
Kuru baklagiller	53,563	1.62	51,511	0.59
Soğan (kuru)	25,198	0.76	195,459	2.24
Sarımsak (kuru)	44,828	1.36	25,836	0.30
Pirinç	30,192	0.91	28,698	0.33
Patates	45,205	1.37	228,862	2.62
Ayçiçeği	67,592	2.05	89,347	1.02
Pamuk (çiğit)	145,909	4.42	81,086	0.93
Soya	23,837	0.72	38,718	0.44
Toplam	3,303,941	100.00	8,736,264	100.00

Kaynak: TÜİK, 2023; 2023a: TÜİK verilerinden yazar tarafından hesaplanmıştır.

Üretim kayıplarının etkileri sadece doğal kaynaklar ve kaynakların etkin kullanımı üzerine olmamakta aynı zamanda ekonomik etkilerinin yanısıra sosyal etkileri de ortaya çıkmaktadır. Tablo 4’de TÜİK’in denge tablosu verilerinden hesaplanan kayıpların, 2021 yılında bitkisel üretim değerinin %7.4’ünü oluşturduğu, kişi başına kayıp üretim miktarının yılda 100 kg’ın üzerine çıktığı ve dış ticaret miktarları ile karşılaştırıldığında da önemli miktar kayıpları olduğu görülmektedir. Tablo 4’deki kayıpların tüketici düzeyindeki israf ve hasat öncesi kayıpları kapsamadığı düşünüldüğünde kayıp/israfın boyutunun büyüklüğü konusunda da bilgiler vermektedir.

Tablo 4. Bitkisel Ürünler Üretim Değerinde Kayıpların Payı*

Yıl- lar	Bitkisel üretim de- ğeri (1000 \$) -A-	Denge tablosu kayıpları (1000 \$) -B-	Nüfus (bin kişi)	Kişi başı kayıp mik- tarı (kg)	B/A (%)	Kayıp miktarı (bin ton)	İhracat miktarı (bin ton)	Kayıp mik- tarı/ ih- racat miktarı (%)	İthalat miktarı (bin ton)	Kayıp mik- tarı/ ihracat miktarı (%)
2019	34,580,715	3,956,437	83,155	105.5	11.4	8,772	18,006	48.7	22,991	38.2
2020	34,650,253	3,311,726	83,614	107.5	9.6	8,988	20,931	42.9	18,954	47.4
2021	35,833,146	2,643,659	84,680	102.4	7.4	8,670	24,264	35.7	25,330	34.2

Kaynak: TÜİK 2023; 2023a;2023b;2023c

*TÜİK verilerinden yazar tarafından hesaplanmıştır.

SONUÇ

Küresel ve ulusal gelişmeler tarım ürünlerine olan talebin gelecekte önemli ölçüde artacağını göstermektedir. Bu artışa karşılık üretim faktörlerindeki sınırlılıklar nedeniyle üretim ve tüketimde etkinliğin artırılması, kayıp ve israfın mümkün olduğunca en aza indirilmesi gerekmektedir. Tarımsal üretimde ürün kayıplarının tamamen ortadan kaldırılması iklim ve teknik nedenler ile mümkün olmamaktadır. Ancak, önlenebilir/azaltılabilir kayıpların en aza indirilmesi çiftçi gelirine olumlu katkı sağlayarak, üretim kaynaklarının tasarruflu kullanılmasına, tüketicinin makul fiyatlarla ürünlere erişebilmesine ve dolaşımı ile gıda enflasyonuna da olumlu katkı yapacaktır. Tarım ürünlerinde işletme ve tüketici düzeyinde oluşan kayıpların gıda enflasyonuna etkisini belirlemeye yönelik çalışmaların yapılması da sorunu kaynağında tespit etme ve çözme imkanı sağlayacak olması bakımından önemlidir. Ayrıca önlenemeyen/azaltılamayan kayıpların alternatif değerlendirme imkanlarının bulunması durumunda en azından zararın minimuma indirilmesi imkanları aranmalıdır. Türkiye’de tarımsal üretimde küçük aile işletmelerinin hakim olması, kaynaklara ve teknolojiye erişimdeki kısıtlılıklar ve üretim kayıplarının yüksekliği bu kayıpların azaltılmasını amaçlayan stratejilerde yapısal dönüşüm ile üreticinin eğitim ve farkındalığının artırılmasını gerektirmektedir. Bazı yıllarda iklim değişikliği gibi önlenemeyen faktörler ve üretim planlamasının olmaması/ yetersizliği gibi önlenebilir faktörler nedeniyle hasat öncesi kayıplar önemli boyutlarda görülebilmektedir. Bu nedenle, özellikle fiyatların düşük olması durumunda bazı ürünlerin hasat edilmemesi gibi nedenler ile ortaya çıkan hasat öncesi kayıplar da sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmeye alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aday, M.S., Aday, S., (2021). Gıda Kayıp ve İsrafının Azaltılmasında Gıda Bankacılığı, *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (9): 291-310, DOI: 10.21733/ibad.844971.
- Anonim, (2019). Gıda Zincirindeki Hasat Sonrası Kayıpları Azalmak İçin Yenilikçi Yaklaşımlar, Bazı meyveler için hasat sonrası kayıpların ekonomik analiz, ERASMUS+ PHP, 2017-1-TR01-KA202-045709.
- Aunkofer, F. (2015). *Erhebung von Lebensmittelverlusten im Ökologischen Gemüsebau*, Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ökologischer Landbau, Wien.
- Çakır, m., Tekçi, E., (2022). Gıda İsrafi Konusunda Güncel Durum ve Alınabilecek Önlemler, *İKV Değerlendirme Notu*: 253, www.ikv.org.tr, erişim tarihi: 13.08.2023.
- Çapar, G., (2023). *Sürdürülebilir Su Yönetimi ve Tarımda Döngüsel Ekonomi*, <https://kutuphane.ankaraka.org.tr/dokumanflipbook/dongusel-tarim-goksen-capar-pdf/469>, erişim tarihi: 01.10.2023.
- Çiftçi, R.Ö., Demirbaş, N., (2020). Meyve ve Sebze Üretiminde Ortaya Çıkan Kayıplar Üzerinde Etkili Olan Faktörler: İzmir İli Örneği, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1): 85-91 DOI: 10.29136/mediterranean.659011.
- Dellal, İ., Özat, H.E., Özudoğru, T., (2007). *Tarımda Mazot Kullanımı ve Mazot Destekleri*, Çalışma Raporu, TEAE Yayın no: 163, Ankara.
- Dölekoğlu, C., (2017). Gıda Kayıpları, İsraf ve Toplumsal Çabalar, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, Cilt:23 Sayı:2 Sayfa:179-186, DOI 10.24181/tarekoder.364946.
- Ekşi, A., (2020). *Tarımsal Üretimde Girdi Bağımlılığı*, *Gıda Bilimi Notları*, 29/05/2020, <https://gidabiliminotlari.com/2020/05/29/tarimsal-uretimde-girdi-bagimlilik/>, erişim tarihi: 05.10.2020.
- EU, (2023). *FUSIONS*, <https://www.eu-fusions.org/index.php/about-food-waste/280-food-waste-definition>.
- FAO, (2023). *SDG Indicator Metadata*, <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/?Text=&Goal=12&Target=>, erişim tarihi: 26.09.2023.
- FAO, (2023a). *Faostat Data, Food Balance (2010-)*, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>, erişim tarihi: 26.09.2023.
- FAO, (2022). *Gıda Kaybı ve İsrafının Önlenmesi ve Azaltılması İçin Elverişli Bir Yasal Ortam Oluşturulması*, Yasal Özet 9, <https://www.fao.org/3/cc2278tr/cc2278tr.pdf>, erişim tarihi: 24.10.2023.
- FAO, (2020). *Gıdanı Korumak, Sofranın Sahibi Çıkmak: Türkiye'nin Gıda Kayıpları ve İsrafının Önlenmesi, Azaltılması ve Yönetimine İlişkin Ulusal Strateji Belgesi ve Eylem Planı*, Ankara, <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslara>

ras%C4%B1%20Ku-
rulu%C5%9Flar/G%C4%B1dan%C4%B1%20Koru%20Strateji%20Bel-
gesi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1.pdf, erişim tarihi: 24.08.2023.

- FAO, (2011). *Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention*. Rome/İtaly, <https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>, erişim tarihi: 25.10.2023.
- Göbel, C., Teidscheid, P., Ritter, G., Blumenthal, A., Friedrich, S., Frick, T., Grotstollen, L., Möllenbeck, C., Rottstegge, L., Pfeiffer, C., Baumkötter, D., Wetter, C., Uekötter, B., Burdick, B., Langen, N., Lettenmeier, M., Rohn, H. (2012): *Verringerung von lebensmittelabfällen – identifikation von ursachen und handlungsoptionen in Nordrhein- Westfalen*“studie für den runden tisch -Neue wertschätzung von lebensmitteln- des ministeriums für klimaschutz, umwelt, landwirtschaft, natur- und verbraucherschutz des landes Nordrhein-Westfalen), Münster.
- Güneş, E., (2020). *Gıda Kayıp ve İsrafının Azaltılması Sürecinin Ekonomi Boyutu*, <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/509/gida-kayip-ve-israfinin-azaltilmasi-surecinin-ekonomi-boyutu>, erişim tarihi: 18.08.2023.
- Keskin, G., (2021). Türkiye’nin Domates Üretimindeki Kayıpları ve Rekabet Gücü, *Eurasian Journal of Agricultural Economics*, 1(2): 18-37.
- Meyer, C.H., Harner, M., Frieling, D., Oertzen, G. (2018). Lebensmittelverluste von obst, gemüse, kartoffeln zwischen feld und ladentheke ergebnisse einer studie in Nordrhein-westfalen LANUV-Fachbericht 85.
- ÖİK, (2018). *Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi, Çalışma Grubu Raporu*, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Onbirinci Kalkınma Planı (2019-2023), Ankara.
- Peter, G., Kuhnert, H., Hass, M., Banse, M., Roser, S., Trierweiler, B., Adler, C., (2013). *Einschätzung der pflanzlichen Lebensmittelverluste im Bereich der landwirtschaftlichen Urproduktion*, Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) / Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), Braunschweig.
- RG, (2010). 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, RG sayı: 13.06.2010 tarih ve 27610 sayılı resmi gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/>.
- RG, (2023). *Tarımsal Üretim Planlanması Hakkında Yönetmelik*, 14.09.2023 tarih ve 32309 sayılı resmi gazete, [www. resmigazete.gov.tr](http://www.resmigazete.gov.tr).
- Salihoğlu G, Salihoğlu NK, Uçaroğlu S, Banar M (2018) Food loss and waste management in Turkey. *Bioresource Technology*, 248: 88-99.
- Selişik, A.,(2021). Gıda Kayıpları ve İsrafının Önlenmesi, Beykoz Üniversitesi 11. *Gıda ve Soğuk Zincir Lojistiği Sempozyumu*, 28 Nisan 2021, Ankara.

- Serdarasan, Ş., Kadaifçi, Çiğdem, (2020). Türkiye Yaş Meyve ve Sebze Tedarik Zincirinde Kayıp Yönetimi: Aktör Analizi, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, Cilt 26:2, s.191-203.
- Tatlídil, F. F., Dellal, İ., Bayramoğlu, Z. (2013). *Food Losses and Waste in Turkey*, Country Report, FAO.
- TAGEM, (2018). *Gübre Politika Sektör Belgesi*, 2018-2022, Ankara, <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/ya-yin/G%C3%BCbre%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf>, erişim tarihi: 05.10.2022.
- Tekiner, İ.H., Mercan, N.N., Kahraman, A., Özel, M., (2021). Dünya ve Türkiye’de Gıda İsrafı ve Kaybına Genel Bakış, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt:3, Sayı: 2, s. 123-128.
- TOB, (2021). *Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Ülke Raporu: Türkiye 2021*, <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%C4%B1%20Kurulu%C5%9Flar/Su%CC%88rdu%CC%88ru%CC%88lebilir%20G%C4%B1da%20Sistemleri%20U%CC%88lke%20Raporu%20%20T%C3%BCrkiye%202021.pdf>, erişim tarihi: 24.08.2023.
- TOB, (2019). *III. Tarım Orman Şurası*, 18-21 Aralık 2019, www.tarimormansurasi.gov.tr/, erişim tarihi: 01.10.2023.
- TÜİK, (2023). *Bitkisel Üretim İstatistikleri, Bitkisel Ürün Denge Tabloları*, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>; erişim tarihi: 26.08.2023.
- TÜİK, (2023a). *Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer) İstatistikleri*, www.tuik.gov.tr; erişim tarihi: 26.08.2023.
- TÜİK, (2023b). *Dış Ticaret İstatistikleri*, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104&dil=1>, 26.08.2023.
- TÜİK, (2023c). *Nüfus İstatistikleri*, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>, 26.08.2023.
- Ünlü M. (2015). *Yaş Meyve ve Sebzelerde Derim (Hasat) Sonrası Oluşan Kayıplar ve Çözüm Önerileri*. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü.
- Xue, L., Liu, G., (2019). *Introduction to global food losses and food waste*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815357-4.00001-8>, erişim tarihi: 27.10.2023.



BÖLÜM 5

Mersin'de Karnabahar (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*) Yetiştiriciliğinde Mevcut Durum Analizi

Garip Yarşı¹

¹ Mersin Üniversitesi Silifke Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Silifke/Mersin
Orcid ID: 0000-0002-1952-0300

Giriş

Türkiye’de 2023 verilerine göre sebze üretimimiz yaklaşık 31.8 milyon tondur ve karnabahar 90054 dekarlık ekiliş alanı ve 251484 tonluk üretimi ile önemli bir yer almaktadır. Mersin’in toplam karnabahar üretimi 10542 dekarlık alanda yaklaşık 32537 tondur. Bu üretimde ilçeler bazında ilk 3 sırayı Tarsus (16856 ton), Erdemli (10125 ton) ve Silifke (3518 ton) almaktadır (TUİK 2023).

Karnabaharın tüm dünyada üretimi yapılmakta ve bu sebze doğrudan tüketiminin yanında çorba, salata ve turşu yapımında da kullanılmaktadır. Brassica cinsine dahil olan sebzeler genel olarak, A ve C vitamini, folik asit, yağ asitleri, kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) açısından oldukça zengindir. Yüksek besin kalitesinin yanında içerdiği indol-3-karbinol (östrojen antogonisti olarak işlev görür ve DNA onarımını artırır) kimyasalı sayesinde kanser hücrelerinin daha yavaş büyümesini sağlamaktadır. (Rahman ve Gani, 2019; Alibas ve Koksall, 2015; Şahin ve Doymaz, 2017; Beecher, 1994; Picchi ve ark., 2012).

Açıkta ve örtü altı sebze yetiştiriciliğinde önemli bir potansiyele sahip olan Mersin, üretilen sebzelerin ihraç edilmesi açısından da her geçen yıl önemli avantajlar elde etmektedir. Deniz, kara ve hava yollarının ülke içinde ve ülke dışında önemli merkezlerle bağlantısının bulunması üretilen ürünlerin pazara ulaşması açısından Mersin’in çok avantajlı bir konuma sahip olmasına olanak tanımaktadır. Özellikle Tarsus sınırları içinde yapımı biten ve hizmet vermeye başlayan Çukurova Uluslararası Hava Limanı bu açıdan çok önemli olacaktır.

Ülkemizde sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde yetiştiriciliği yapılan karnabahar (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*) taç rengi beyaz, krem ve sarımsı renkte olan, çiçek ve çiçek tablası yenilen bir sebzedir. Ancak güneş ışığına maruz kaldığında rengin sarıya döndüğü görülmektedir (Anonim, 2024a; Günay, 1984). Taç büyüklüğüne etki eden en önemli faktörler iklim, çeşit, dikim zamanı, dikim sıklığı ve bakım şartlarıdır. Taçlar 10-15 cm genişliğinde ve 0.250-5.0 kg arasında farklılık göstermektedir (Martinez-Blanco ve ark., 2010; Eşiyok ve Eser, 1990; Tavalı ve ark., 2013; Eser ve Ark., 1992).

İklim ve toprak isteği:

Karnabahar yetiştiriciliğinde çeşit özelliklerine bağlı olarak soğuktan etkilenmeleri değişiklik göstermektedir. Taç oluşumunun belirli bir döneminde düşük sıcaklık istemektedir. Bu dönemde en uygun sıcaklık 15 °C- 20 °C dereceleri arasındır. 25 °C’nin üzerindeki sıcaklıklardan pek hoşlanmaz ve taç oluşumu olumsuz

etkilenir. Fide gelişim döneminde ise sıcaklığın 12 °C'nin altında olması pek istenmez. Hasat döneminde sıcaklığın 0 °C nin altına düşmesi risk yaratırken, fide döneminde kısa sürelik de olsa -10 °C ye kadar dayanır Genellikle drenajı iyi, organik maddece zengin ve besin elementi yüksek topraklarda yetiştiriciliği iyidir. Toprağın su tutma kapasitesinin yüksek olması avantaj sağlar. Karnabahar asitliliği yüksek olan topraklardan hoşlanmaz ve 6.0-7.5 arasında toprak pH'sının olmasını ister(Anonim, 2024a; Anonim, 2024b; Denli, 2015; Balkaya, 2011; Karataş ve ark., 2003).

Gübreleme, Yetiştirme Tekniği ve Hasat:

Açıktaki karnabahar yetiştiriciliğinde Azot 20 kg/da, fosfor 10 kg/da ve Potasyum 20 kg/da olacak şekilde verilmesi önerilmektedir (Eser ve ark., 1987). Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda organik gübre kullanımının karnabaharda verim ve kaliteyi arttırdığı bildirilmektedir (Tavali ve ark., 2013; Ulukapı ve Şener, 2018). Karnabahar yetiştiriciliğinde kaliteli fidelerin kullanılması verimi ve kaliteyi büyük ölçüde etkilemektedir. Ayrıca dikim sıklığı ve zaman olarak farklı dikim tarihleri taç ağırlığını etkilemektedir. Tohum ekiminden yaklaşık 5-7 hafta sonra fideler dikime hazır hale gelirler. Dikime hazır hale gelmiş 7-8 yapraklı fideler tarladaki yerlerine dikilirler. Dikimde çift sıralı veya tek sıralı dikim mesafelerine göre masuralar oluşturulur. Genellikle 50-80 cm sıra arası, 30-40 cm sıra üzeri olacak şekilde fideler dikilirler (Denli, 2016; Anonim, 2024a; Damato ve Bianco, 1997). Kurtar (2010) Bafra ovasında yaptığı bir çalışmada geçici çeşitlerde 75 x 70 cm, orta mevsim çeşitlerde 76 x 70 cm ve erkenci çeşitlerde 75 x 50 cm sıra aralık mesafelerini kullanmıştır. Balkaya (2011) ise tek sıralı yetiştiricilikte 40x40, 50x50, 50x60, 60x60, 70x70 cm sıra aralık mesafeleri uygulanırken çift sıralı dikimlerde 40x30x60 ve 50x50x70 cm sıra aralık mesafeleri uygulanır (Balkaya, 2011).



Şekil 1. Karnabahar arazisinin görünüşü (Silifke, Kasım 2024)



Şekil 2. Karnabahar kökü ve taç görünüşü (Silifke, Kasım-2024)

Fideler eğer hazır fide şeklinde alınmıyor ise fideliklerden dikkatli bir şekilde sökülmeli ve kökler zarar görmeyecek şekilde dikilmelidir. İster hazır fide isterse üreticinin kendi yetiştirdiği fide olsun dikimde gerekli özen gösterilmeli ve dikim işlemleri bittikten sonra zaman geçirmeden can suyunu vermek gerekmektedir. Dikimden sonra bakım işlemlerine çok iyi tepki veren bir sebzedir. Bu nedenle çapalama ve sulama işlemleri zamanında yapılmalıdır. Üreticilerin bildirdiğine göre, genellikle dikimden yaklaşık 15 gün sonra 1. Çapalama, bundan yaklaşık 20 gün sonra ise 2. Çapalamayı yaparak bitkinin köklerinin rahatlaması sağlanırken aynı zamanda yabancı otlar da temizlenir ve bu işlemler bitki gelişimini olumlu yönde etkiler. Yetiştiriciliği genellikle kış dönemine denk geldiği için

yağmur bitkilerin su ihtiyacını karşılamada önemli olmaktadır. Ancak suyun yetersiz olduğu durumlarda mutlaka su verilmelidir. Karnabahar suyu seven bir sebze olduğu için sulama aksatılmadan yapılmalıdır.

Hasat ve Muhafaza:

Karnabahar hasadı çok dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Taç kısmı bıçakla gövdeden kesilmeli ve taç kısmının üzerinde 4-5 yaprak bırakılmalıdır. Böylece güneşten koruma sağlanırken aynı zamanda çevresel bir zararlanmadan taç kısım korunacaktır. Taç kısmın zarar görmesi karnabaharın Pazar değerini düşürür. Dekara 1800-2000 taç hasat edilebilir ve taç ağırlıkları erkenci çeşitlerde 600-700 g, geçici çeşitlerde ise 5-6 kg olabilir. Karnabahar %80 nispi nem koşullarında 0.5-1.0 °C sıcakta 8 haftaya kadar muhafaza edilebilir (Denli, 2015). Ayrıca karnabaharın kurutması üzerine yapılan bir çalışmada değişik teknikler kullanılmış, ancak rengin korunması açısından en iyi sonucun gölgede kurutmada alındığı bildirilmiştir (Aksüt ve Polatçı, 2022).



Şekil 3. Karnabahar bitkisi ve hasat edilen bitki görünüşü (Silifke, Kasım-2024)



Şekil 4. Karnabaharın hasat edilişi (Silifke, Kasım-2024)

Türkiye ve Mersin’de karnabahar yetiştiriciliğinde durum değerlendirilmesi

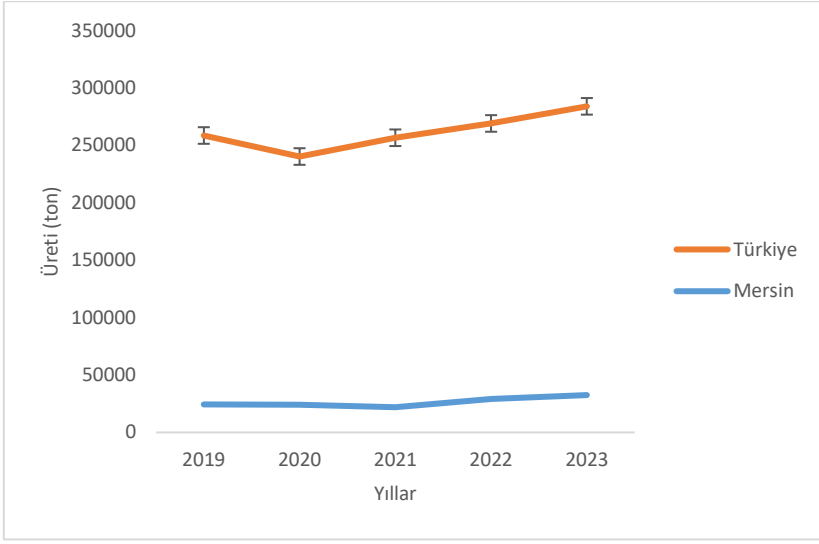
Tablo 1. Son 5 yıllık Mersin ve Türkiye karnabahar ekiliş alanı (da) (TUIİK, 2023)

	Boz-yazı	Er-demli	Me-zitli	Mut	Si-lifke	Tar-sus	Yenişe-hir	Mer-sin	Tür-kiye
2019	8	2850	250	180	2100	2618	220	8226	91032
2020	7	2850	250	200	2100	2518	215	8140	88840
2021	5	2600	360	250	1600	2113	211	7139	91201
2022	5	2700	430	300	1820	3623	212	9090	86771
2023	4	2700	430	360	2345	4495	208	10542	90054

Tablo 1. Son 5 yıllık Mersin ve Türkiye karnabahar üretimi (ton)) (TUIİK, 2023)

	Boz-yazı	Er-demli	Me-zitli	Mut	Si-lifke	Tar-sus	Yenişe-hir	Mer-sin	Türkiye
2019	16	10688	500	360	3150	9163	396	24273	234356
2020	14	10680	500	400	3150	8813	430	23987	216334
2021	10	9750	720	500	3200	7396	380	21956	234717
2022	10	10125	946	600	3640	13586	360	29267	239857
2023	8	10125	946	720	3518	16856	364	32537	251484

Türkiye ve Mersin karnabahar yetiştiriciliğinin son 5 yılına ait ekiliş alanları ve üretimi tablo 1 ve tablo 2 de verilmiştir. Bu tablolar incelendiğinde yıllar itibarı ile genelde bir artışın olduğu görülmektedir. Mersin, Akdeniz Bölgesi karnabahar üretimin (62.693 ton) yaklaşık %51.9’unu karşılayarak önemli bir üretici il konumundadır. Özellikle Tarsus, Erdemli ve Silifke’de üretimin yoğunlaştığı görülmektedir. Mersin, Türkiye karnabahar üretiminin yaklaşık %12.5’ini karşılamaktadır. Ayrıca verim olarak değerlendirildiğinde Mersin 3.09 kg/da ile Türkiye ortalamasının (2.79 kg/da) üzerindedir. Bu veriye dayanarak yetiştiricilik alanında fazla bir sıkıntının olmadığı söylenebilir.



Şekil 5. Türkiye ve Mersin karnabahar üretiminin yıllar itibarı ile değişim grafiği

Şekil 1 incelendiğinde, Türkiye ve Mersin'in karnabahar ekiliş alanı ve üretiminde yıllar itibarı ile paralel bir çizgide gittikleri görülmektedir. Ancak Türkiye bazında 2020, Mersin bazında ise 2021 yılında hafif bir azalmanın olduğu görülmektedir. Bunun en büyük nedeni o dönemde görülen pandemi olabilir. Bunun dışında kalan yıllarda hem ekiliş alanında hem de üretimde genel bir artışın olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak;

Mersin karnabahar üretimi açısından önemli bir ildir. Yayla yerlerinde de tarımın yoğun yapılması nedeni ile bu sebzenin geniş bir yetiştirme periyodu bulunmaktadır. Fide dikimleri genelde Ağustos ayında başlanarak yapılır ve hem geçici hem de erkenci çeşitler yetiştirilebilir. Pazar ağının güçlü olması ve hem dış hem de iç pazara ulaşımında farklı kanalların bulunması bölgenin en büyük avantajlarından biridir. Çiftçiler karnabahar yetiştiriciliğinde Pazar sıkıntısı yaşadıklarında bu ürünü farklı şekilde değerlendiremedikleri için kayıplar yaşamaktadırlar. Bu anlamda farklı değerlendirme olanakları üzerinde durulmalıdır.

Çeşit seçiminde titiz davranılmalı ve özellikle taç büyüklüğü fazla olan çeşitlerden kaçınılarak pazarda daha rahat satılabilecek küçük taçlı çeşitler yetiştirilmelidir. Ayrıca birim alana bitki sayısını arttırmak amacı ile bitki boyu fazla olmayan ve alan olarak fazla yer kaplamayan çeşitler tercih edilmelidir. Böylece hem birim alandan fazla taç elde edilir hem de pazarda üreticinin daha çok tercih ettiği küçük taçlı ürün olmuş olur. Çeşit seçimi yapılırken piyasanın tercih ettiği ve pazarda en yüksek fiyat edebileceği dönemlere uygun çeşitler seçilmelidir.

Böylece üretici ekonomik anlamda daha çok kar edecektir. Pazarda boşlukları yakalamak anlamında geçici veya erkenci çeşitlerle farklı dikim zamanları ve farklı yetiştirme yerlerinde çalışmalar yapılmalıdır. Böylece bölgeye uygun ve pazarda en yüksek değeri edebileceği zamanda hasat edilen çeşitlerle üretime gidilmesi amaçlanmalıdır.

Küresel ısınmanın tüm dünyada sorun olduğu son yıllarda, bitkisel üretimde sıkıntılar yaşanmaya başlanmıştır. Özellikle karnabahar gibi sıcaklık değişimlerine hassas olan bitkiler daha çok etkilenebilir. Bu bağlamda, karnabahar yetiştiriciliğinde özellikle taç oluşumunun sıcak dönemlere gelmeyecek şekilde dikim zamanları ayarlanmalı ve kaliteli bir taç oluşumu için fide dikim zamanları çeşit ve bölge özellikleri dikkate alınarak planlanmalıdır.

Kaynaklar

- Anonim, 2024a. <https://samsun.tarimorman.gov.tr/>
- Anonim, 2024b. <https://extension.usu.edu/yardandgarden/research/cauliflower>
- Alibaş, İ., ve Köksal, N., 2015. Forced-air, vacuum, and hydro precooling of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* cv. *Freemont*): part II. Determination of quality parameters during storage. *Food Science Technology (Campinas)*, 35: 45-50.
- Aksüt, B., Polatçı, H., 2022. The Effect of Drying Processes on Model and Quantitative Color Quality Characteristics of Cauliflower (*Brassica oleracea* L.). *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 3(1): 170-180.
- Balkaya, İ. 2011. Lahanagil Yetiştiriciliği. *Bahçe Tarımı 2. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayın No; 1355*, 148-150.
- Beecher, C.W.W. (1994). Cancer preventive properties of varieties of *Brassica oleracea*: a review. *Am. J. Clin. Nutr.* 59: 1166- 1170.
- Karataş, A., Ünlü, H., Ünlü, H. 2006. Isparta ekolojisinde bazı cruciferae türlerinin uygun yetiştirme dönemlerinin belirlenmesi. *KSU Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2):144-151.
- Picchi, V., Migliori, C., Scalzo, R.L., Campanelli, G., Ferrari, V., Di Cesare, L.F. (2012). Phytochemical content in organic and conventionally grown Italian cauliflower. *Food Chemistry*, 130 (3): 501-509.
- Rahman, R., ve Gani, M., 2019. Effect of different pre-treatments and drying techniques on quality of cauliflower. *Annals. Food Science and Technology*, 20(2): 207-217.
- Şahin, M., ve Doymaz, İ., 2017. Estimation of cauliflower mass transfer parameters during convective drying. *Heat Mass Transfer*, 53: 507-517.
- Tavali, İ.E., Maltaş, A.Ş., UZ, İ., Kaplan, M. (2013). Karnaba- harın (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine vermikompostun etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 26 (2): 115-120.
- TUİK, 2023. <http://www.tuik.gov.tr>
- Ulukapı, K., Şener, S. 2018. Farklı Organik Gübrelerin Tarla ve Örtüaltı Koşullarında Yetiştirilen Karnabaharın Bitki Gelişimi ve Verim Parametreleri Üzerine Etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32 (3), 510-515



BÖLÜM 6

Patateste Kök-Ur Nematodlarıyla İlgili Çalışmaların Bibliyometrik Analizi

Zeynep Yumlu¹ & Emre Evlice²

¹ Arş. Gör., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 0009-0005-8525-5962

² Doç. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 0000-0001-6402-0287

GİRİŞ

Patates (*Solanum tuberosum* L.), dünya çapında temel bir gıda kaynağı olarak ön plana çıkan ve geniş çapta tüketilen bir tarım ürünüdür. Yüksek enerji içeriği, karbonhidrat, protein, özellikle C ve B6 vitamini olmak üzere vitaminler ve potasyum, magnezyum gibi mineraller bakımından zengin olması nedeniyle patates, gıda güvenliği açısından stratejik bir öneme sahiptir (Hasan vd., 2014). Dünyada pirinç, buğday ve mısır gibi tahıl ürünlerinin ardından en fazla üretilen dördüncü bitki olan patates, pek çok ülke ekonomisi için de önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır (Scott et al., 2019). Patates, besleyici değerinin yanı sıra endüstriyel anlamda da birçok alanda kullanılarak ekonomik olarak katkı sağlamaktadır.

Patatesin bu stratejik önemine karşın, üretimi birçok biyotik ve abiyotik stres faktöründen etkilenmektedir. Patates tarımını tehdit eden biyotik stres faktörleri arasında böcekler, funguslar, bakteriler, virüsler ve bitki paraziti nematodlar öncelikli sorunlar arasında yer alır (Jones et al., 2013). Bitki paraziti nematodlar arasında özellikle patates kist nematodları (*Globodera rostochiensis* ve *Globodera pallida*) ve kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) küresel ölçekte patates üretiminde ciddi kayıplara neden olmaktadır. Polifag bir zararlı olan kök-ur nematodları, dünya genelinde birçok tarım ürünü üzerinde büyük ekonomik kayıplara yol açmakta olup, patates üretiminde de önemli bir zararlı olarak özellikle son çeyrek yüzyılda önemi her geçen gün artmaktadır (Moens et al., 2009). *Meloidogyne* türleri, birçok konukçusunda köklerde oluşturdukları urlar sonucunda bitkiyi zayıflatarak su ve besin alımını kısıtlamaktadır. Bu durum, bitkide verim kaybına, büyüme geriliğine ve hatta şiddetli enfeksiyon durumlarında bitkinin tamamen ölmesine neden olabilmektedir (Karssen & Moens, 2006). Bununla beraber ilk dönemini patates bitkisinin köklerinde geçiren kök-ur nematodlarının daha sonraki dönemlerini yumruda geçirmeleri nedeniyle köklerde ur oluşumu genellikle gözlenmemektedir. Etmen, yumrudaki zararı sonucunda yumru kabuğu soyulduğunda altında görülebilen dişilerin neden olduğu nokta şeklinde kahverengi lekeler ve yumru yüzeyinde şişkinlikler gibi kalite sorunlarına neden olmaktadır (Şekil 1) (Evlice ve Bayram, 2016a).



Şekil 1. Kök-ur nematodunun patates yumrusundaki zararı

Patates yumrularında kök-ur nematodlarının neden olduğu zararlar, hem pazarlanabilirlik hem de işlemeye uygunluk açısından ciddi sorunlar yaratmaktadır. Yumrunun kabuk yüzeyinde ve altında meydana gelen deformasyonlar, pazarda kabul görmemesine yol açarken, kabuğun altında oluşan hasar işleme tesislerinde kalite standartlarına uymadığı için yumruların reddedilmesine neden olmaktadır (Ingham et al., 2007). Özellikle yumrunun etli kısmında görülen nekrotik lekeler, miktar olarak %5 kadar az olsa bile, ticari değeri düşürdüğünden ürünlerin kabul edilmemesine sebebiyet vermektedir. Patates yumrusundaki kalite zararından kaynaklanan kaybın %10-30 arasında olabildiği gibi uygun şartlar altında %70-97'e kadar çıkabildiği belirtilmiştir (Hafez and Sundararaj 2006, Boydston et al. 2007; Mojtahedi et al. 1993). Bu durum, üreticilerin ekonomik kayıplar yaşamasına ve verimliliğin düşmesine neden olmaktadır.

Patates üretiminde kök-ur nematodlarının yarattığı zararı azaltmak amacıyla kullanılan en yaygın mücadele yöntemi nematisitlerin kullanımıdır. Ancak kimyasal mücadele yöntemlerinin kullanımı hem maliyetli hem de çevre ve insan sağlığı açısından riskler taşımakta olup son yıllarda yaygın olarak kullanılan pek çok nematisitin kullanımı da yasaklanmıştır (Chitwood, 2002). Bu nedenlerle, kök-ur nematodları ile ilgili olarak alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi, bu alandaki bilimsel araştırmaların öncelikli konularından biri haline gelmiştir. Kök-ur nematodları ile mücadelede biyolojik, kültürel ve kimyasal yöntemlerin yanı sıra, dayanıklı patates çeşitlerinin geliştirilmesi üzerine yapılan araştırmaların sayısında artış gözlenmiştir. Bu artış, kök-ur nematodlarına karşı

yapılan çalışmaların yalnızca sayısal olarak çoğaldığını değil, aynı zamanda nitelik ve çeşitlilik açısından da bir zenginlik kazandığını göstermektedir (Perry & Moens, 2013).

Son yıllarda bilim dünyasında yapılan araştırmaların sayısı, içerik ve etki açısından incelenmesi, araştırma alanındaki eğilimleri ve boşlukları ortaya koyan bibliyometrik analizler ile değerlendirilmesi önem kazanmıştır (Velez-Estevez et al., 2023). Bibliyometrik analizler, özellikle belirli bir araştırma alanında yayınlanan makalelerin dağılımı, kaynakları, atıfları ve iş birlikleri gibi göstergeleri analiz ederek bu alanın bilimsel gelişimini gözler önüne sermektedir (Donthu et al., 2021).

Bu çalışmada, patatesteki kök-ur nematodları ile ilgili olarak yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi yapılmıştır. Çalışmada, kök-ur nematodları konusunda yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı, konu başlıkları, en çok atıf alan çalışmalar ve araştırmaların coğrafi dağılımı gibi unsurlar ele alınarak analiz edilmiştir. Ayrıca, bu alandaki çalışmaların zamansal ve mekânsal gelişimi, iş birlikleri ve yayınların hangi ülkelerde yoğunlaştığı gibi konular incelenerek, patatesteki kök-ur nematodları ile ilgili araştırmaların dünya genelindeki durumu hakkında genel bir tablo ortaya konmuştur. Bu analizlerin, özellikle araştırmacılar için alanın mevcut durumu, yaygın eğilimleri ve gelecekteki araştırmalarda potansiyel araştırma konularını belirleme açısından yararlı bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, patatesteki kök-ur nematodları ile ilgili bilimsel çalışmaların bibliyometrik analizi, bu alanın gelişim eğilimlerini ve araştırma boşluklarını gözler önüne sererek, gelecek çalışmalar için bir yön belirleyici olmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarının, patates üretiminde verimliliği artırmaya yönelik araştırmalara katkı sağlayarak hem araştırmacılara hem de tarım politikası yapımcılarına faydalı bilgiler sunması beklenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmadaki veriler, akademik araştırmalar ve bilimsel makaleler için kullanılan en prestijli ve kapsamlı veri tabanlarının başında gelen Web of Science (WoS) veri tabanından elde edilmiştir. WoS veri tabanında yer alan patates ve kök-ur nematodlarıyla ilgili çalışmalara ait verilerin elde edilmesi amacıyla çalışmaların başlığında veya anahtar kelimelerinde (TI=((“potato” OR “potatoes” OR “Solanum”) AND (“meloidogyne” OR “RKN” OR “root-knot nematodes”) NOT (“Sweet potato” OR “lycopersicum” OR “melongena”)) OR AK=((“potato” OR “potatoes” OR “Solanum”) AND (“meloidogyne” OR “RKN” OR “root-knot

nematodes”) NOT ("Sweet potato" OR "lycopersicum" OR "melongena")))) şeklinde konu taraması yapılmıştır. Konu taraması Kasım 2024 tarihinde yapılmış olup sadece doküman tipi kategorisinde filtreleme yapılmış olup değerlendirmeye makaleler ve erken görünümdeki makaleler değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen meta veriler BibTeX formatında dışa aktarılmış ve ardından R yazılımının Biblioshiny grafik arayüzünü içeren Bibliometrix paketi kullanılarak işlenmiştir (Aria ve Cuccurullo, 2017). Konu taraması sonucunda WoS veritabanından elde edilen makalelere yapılan tanımlayıcı analiz sonucunda belirlenen koleksiyona ait temel bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir.

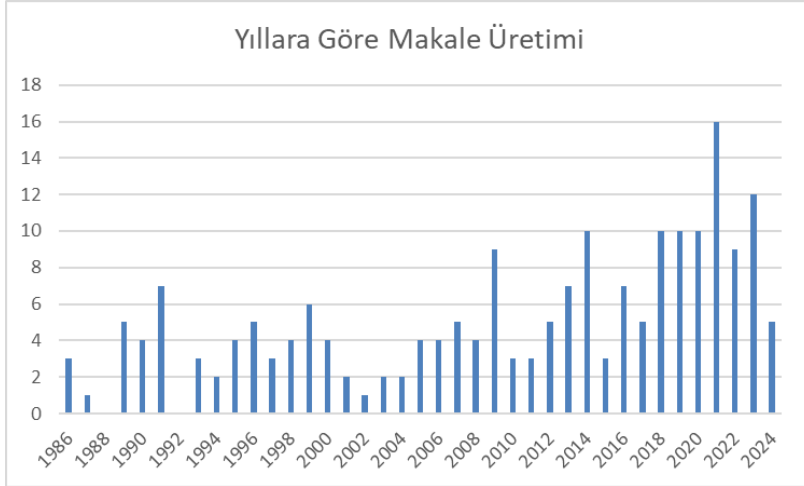
Tablo 1. Tanımlayıcı analiz: Koleksiyona ilişkin temel bilgiler

Veriler Hakkında Ana Bilgiler	
Zaman aralığı	1980:2024
Kaynaklar (Dergi, Kitap vb.)	76
Belge Sayısı	213
Yıllık Büyüme Oranı (%)	3,73
Belgelerin Ortalama Yaşı	15,7
Belge Başına Ortalama Atıf	16,36
Referans Sayısı	4739
Yazarlar	
Yazar	684
Tek Yazarlı Belgelere Ait Yazar	5
Yazar İşbirlikleri	
Tek Yazarlı Belge	6
Belge Başına Ortak Yazar	4,64
Uluslararası Ortak Yazarlıklar (%)	14,08
Belge Türleri	
Makale	213

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yayınların Zamansal Gelişimi

Web of Science veri tabanında bibliyometrik analizi sonucunda toplam 213 adet araştırma makalesi elde edilmiştir. Konuyla ilgili ilk çalışmaların 1980 yılında başlamış olup “Description and SEM observations of *Meloidogyne chitwoodi* n. sp.(Meloidogynidae), a root-knot nematode on potato in the Pacific Northwest” isimli ilk makale yayınlanmıştır. İlerleyen süreçte en fazla makale sayısı 2021 yılında 16 makale ile olmuştur. Ayrıca 2023 yılında 10 makale yayınlanırken 2014, 2018, 2019 ve 2020 yıllarında 10’ar makale yayınlanmış olup 1988 ve 1992 yıllarında ise makale yayınlanmamıştır (Şekil 2). Yapılan çalışmaların yıllık büyüme oranı %3,73 olup belgelerin ortalama yaşı ise 15,7 olarak belirlenmiştir (Tablo 1).



Şekil 2. Patateste kök-ur nematodlarıyla ilgili olarak yapılan çalışmaların yıllık değişimi

Yayınların Kaynak Analizi

Patateste kök-ur nematodlarıyla ilgili olarak yapılan araştırma makalelerinin yayınlandığı dergilere bakıldığında çalışmaların WoS veri tabanında taranan 76 farklı dergide yayınlandığı, bu dergilerden 48 tanesinde sadece bir makale yayınlanırken 28 dergide ise iki veya daha fazla makale yayınlandığı belirlenmiştir. En fazla makalenin yayınlandığı dergi 31 makale ile Journal of Nematology olurken bunu Nematology ve Nematropica sırasıyla 20 ve 17 makale ile takip etmiştir. Türkiye’de yayınlanan Türkiye Entomoloji Dergisi ve KSU Tarım ve Doğa Dergisi’nde ise sırasıyla beş ve bir makale yayınlanmıştır.

Dergilerin bu makalelere aldıkları toplam atıflara bakıldığında en fazla atfı Journal of Nematology, Phytopathology ve Plant Disease dergileri sırasıyla 663, 272 ve 242 atıf ile almışlardır. Etki faktörü açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek etki faktörünün en fazla atıf alan dergi olan Journal of Nematology’de H18 ile olduğu, Nematology ve Phytopathology dergilerinin ise etki faktörünün H9 olduğu görülmüştür (Tablo 2).

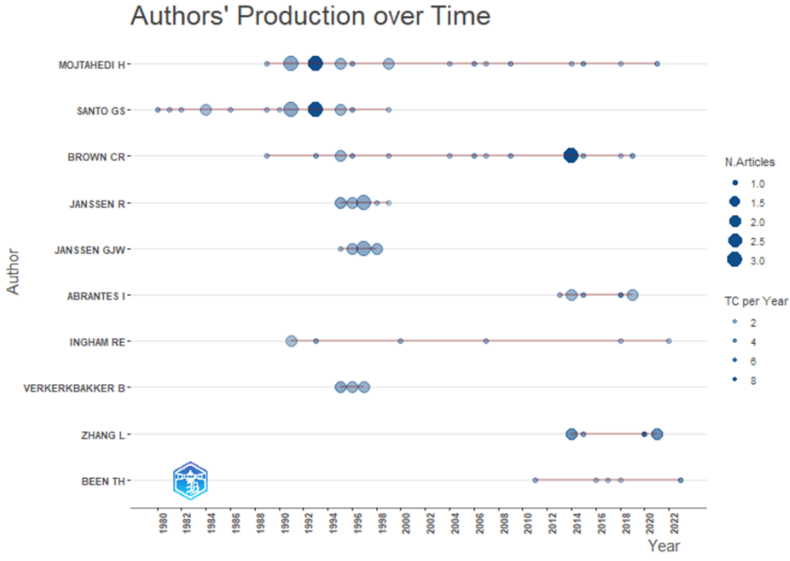
Tablo 2. Patatestede kök-ur nematodlarıyla ilgili makalelerin yayınlandığı önemli dergiler

Dergi	P	TC	TC/P	IF (H)
Journal of Nematology	31	663	21,4	18
Nematology	20	202	10,1	9
Nematropica	17	101	5,9	4
Phytopathology	9	272	30,2	9
American Journal of Potato Research	7	56	8,0	5
American Potato Journal	6	103	17,2	4
European Journal of Plant Pathology	6	81	13,5	3
Plant Pathology	6	108	18,0	5
Plant Disease	5	242	48,4	5
Potato Research	5	49	9,8	4
Türkiye Entomoloji Dergisi	5	23	4,6	3

P: Yayın Sayısı, TC: Toplam Atıf, IF: Etki Faktörü (H)

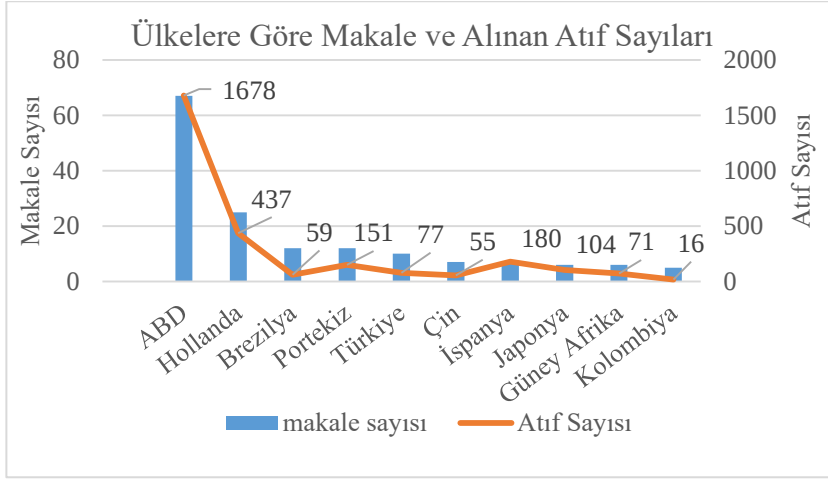
Yayınların Yazar, Yazarların Yer Aldığı Ülkeler ve Kurumlar Analizi

Bu çalışmaya konu olan makaleler incelendiğinde ilk makalenin yayınlandığı 1980 yılından bu yana altı tanesi beş yazar tarafından yayınlanmış olan tek isimli makale olmak üzere toplam 213 makalede 684 yazarın yer aldığı çalışma yayınlanmıştır. Makale başı yazar sayısı 4,64 olup uluslararası iş birliği yapılan ortak yazarlı makale oranı %14,08 olmuştur. En fazla yayın Mojtahedi, H. tarafından 20 makale yapılırken bunu Santo, G.S. ve Brown, C.R. 18 ve 16 makale ile izlemişlerdir. Yayınlarına en fazla etkileşim alan yazar ise 197 atıf ve H15 etki faktörü ile Santo olurken yazarı sırasıyla 165 ve 119 atıf, H14 ve H13 etki faktörleriyle Mojtahedi ve Brown izlemiştir. Analiz sonucunda belirlenen belgelere Wos veri tabanında yer alan dergilerde toplam 3484 atıf yapılmış olup belge başına ortalama atıf sayısı 16,36 olarak gerçekleşmiştir. Konuyla ilgili en fazla makalesi bulunan yazarların çalışmalarının yıllara göre dağılımı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Yazarların patatestte kök-ur nematodlarıyla ilgili çalışmalarının zaman içindeki üretimi

Bu yayınlara 34 farklı ülkeden yazarlar katkıda bulunmuşlardır. En fazla yayın yapan ülke toplam yayının %31,5'ini kapsayan 67 makale ile ABD olurken bunu Hollanda, Brezilya, Portekiz ve Türkiye sırasıyla 25, 12, 12 ve 10 makale ile takip etmiştir (Şekil 3). En çok yayının yapıldığı kuruluş ise 43 makale ile Washington State University olmuştur. Oregon State University, University of Coimbra ve DLO-Centre for Plant Breeding and Reproduction Research sırasıyla 28, 25 ve 14 yayın ile konuyla ilgili en fazla makalenin yapıldığı diğer kuruluşlar olmuşlardır. Türkiye'den ise Akdeniz Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Ziraî Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara Üniversitesi ve Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüleri sırasıyla 6, 4, 4, 2, 2 makale ile yer almıştır.



Şekil 3. Patateste kök-ur nematodlarıyla ilgili olarak yapılan makale ve alınan atıf sayıları

GENEL DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, patates tarımında kök-ur nematodlarının (*Meloidogyne* spp.) etkisini konu alan bilimsel yayınların bibliyometrik analizi yapılmıştır. Web of Science veri tabanında gerçekleştirilen tarama sonucunda 1980 yılından itibaren bu konuya dair yayınlanmış 213 makale incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, patates ve kök-ur nematodları üzerine yapılan araştırmaların yıllık artış oranı %3,73 olarak belirlenmiştir; özellikle 2021 yılında en yüksek yayın sayısına ulaşılmıştır. Bu durum, konuya olan ilginin arttığını ve bu alandaki araştırmaların genişlediğini göstermektedir. Ancak belirli yıllarda yayımlanan makale sayısındaki dalgalanmalar, konunun zaman zaman göz ardı edildiğine işaret etmektedir.

En fazla yayın üreten ülkeler arasında ABD, Hollanda ve Brezilya öne çıkarken, Türkiye'nin de son yıllarda bu alanda önemli bir katkı sunduğu gözlemlenmiştir. Patates tarımında kök-ur nematodlarıyla ilgili çalışmaların yoğunlaştığı başlıca kuruluşlar arasında Washington State University ve Oregon State University bulunmaktadır. Türkiye'de ise Akdeniz Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi ve Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü gibi kurumlar konuya katkı sunmuştur.

Patateste kök-ur nematodlarına yönelik yapılan çalışmalarda Journal of Nematology, Nematology ve Nematropica gibi dergilerin yayınlar için başlıca platformlar olduğu belirlenmiştir. Bu dergilerin yüksek etki faktörleri, bu alanda yapılan çalışmaların bilimselliğini desteklemekte ve yaygın bir akademik etkileşime olanak sağlamaktadır.

Çalışmaların %14,08'inde uluslararası iş birliği bulunması, bu alanda daha fazla uluslararası iş birliğine ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu iş birlikleri, bilgi ve deneyim paylaşımı ile araştırmaların kapsamını genişletebilir.

Konuya Türkiye açısından baktığımızda ise konuyla ilgili ülkemizde yapılan çalışmaların toplam çalışmalar içindeki payının azımsanmayacak oranda olduğu görülmektedir. Bununla beraber çalışmaların büyük kısmını survey ve/veya tespit çalışmaları oluşturmaktadır. Türkiye patates üretim alanlarındaki kök-ur nematodu yaygınlığının 4 bölgede toplam 11 ile ulaşmış olması ve bu illerin Türkiye patates üretiminin yaklaşık %60'ını oluşturması (Evlice ve Bayram, 2016b) özellikle mücadeleye yönelik çalışmalara da ağırlık verilmesi gerekliliğini göstermektedir.

Bu öneriler doğrultusunda, kök-ur nematodları üzerine yapılan araştırmaların kapsamının genişletilmesinin, ulusal ve uluslararası düzeyde iş birliklerinin artırılmasının ve sürdürülebilir mücadele yöntemlerinin geliştirilmesinin hem tarımsal üretimde verimliliği artıracığı hem de ekonomik kayıpların önlenmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, 11(4), 959-975.
- Boydston, R. A., Mojtahedi, H., Brown, C. R., Anderson, T., & Riga, E. (2007). Hairy nightshade undermines resistance of potato breeding lines to Columbia root-knot nematode. *American Journal of Potato Research*, 84, 245-251.
- Chitwood, D. J. (2002). Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology*, 40(1), 221-249.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
- Evlice, E., & Bayram, Ş. (2016a). Türkiye Patates Üretiminde Önemli Bir Tehdit: Kolombiya Kök-Ur Nematodu [*Meloidogyne chitwoodi* Golden, O'Bannon, Santos & Finley, 1980 (Nemata: Tylenchida)]. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(1), 132-144.
- Evlice, E., & Bayram, Ş. (2016b). Orta Anadolu Bölgesi (Türkiye) patates ekiliş alanlarındaki kök-ur nematodu türlerinin (*Meloidogyne* spp.)(Nemata: Meloidogynidae) moleküler ve morfolojik yöntemlerle belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 6(4), 339-347.
- Hafez, S.L., & Sundararaj, P. (2006). Evaluation of fumigant and non-fumigant nematicides for the control of *Meloidogyne chitwoodi* on potato. *Nematologia Mediterranea*, 34, 147-149.
- Hasan, H.H., Simon, S. and Lal, A.A. 2014. Effect of selected botanical extracts against *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood on potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 4 (3), 101-108 Hasan vd. 2014
- Ingham, R. E., Hamm, P. B., Baune, M., David, N. L., & Wade, N. M. (2007). Control of *Meloidogyne chitwoodi* in potato with shank-injected metam sodium and other nematicides. *Journal of nematology*, 39(2), 161.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M. L., & Perry, R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946-961.
- Karssen, G., & Moens, M. (2006). Root-knot nematodes. In R. Perry & M. Moens (Eds.), *Plant Nematology* (pp. 59-90). Wallingford, UK: CABI.
- Moens, M., Perry, R. N., & Starr, J. L. (2009). *Meloidogyne* species – A diverse group of root-knot nematodes. In R. Perry, M. Moens, & J. L. Starr (Eds.), *Root-knot Nematodes* (pp. 1-17). Wallingford, UK: CABI.

- Mojtahedi, H., Santo, G. S., Wilson, J. H., & Hang, A. N. (1993). Managing *Meloidogyne chitwoodi* on potato with rapeseed as green manure.
- Perry, R. N., & Moens, M. (2013). Plant nematology. Wallingford, UK: CABI.
- Scott, G. J., Rosegrant, M. W., & Ringler, C. (2019). Global projections for root and tuber crops to the year 2050. *Food Policy*, 53, 69–76.
- Velez-Estevez, A., Perez, I. J., García-Sánchez, P., Moral-Muñoz, J. A., & Cobo, M. J. (2023). New trends in bibliometric APIs: A comparative analysis. *Information Processing & Management*, 60(4), 103385.



BÖLÜM 7

Mikotoksinler

Muhammed Tatar¹ & Meliha Feryal Sarıkaya²

¹ Arş. Gör., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8312-8434

² Arş. Gör., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7277-1128

1. GİRİŞ

Mikotoksinler *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Claviceps*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Myrothecium*, *Pyrenophora* ve *Stachybotrys* dahil olmak üzere belirli funguslar tarafından üretilen gıda ürünlerinde bulunan gıda zinciri boyunca birçok gıda ürününü kirletebilen filamentli fungusların ikincil metabolitleridir (Stoev, 2015; Umereweneza vd., 2018). İnsanlar ve hayvanlar tarafından büyük ölçüde tüketilen gıda/yemlerin de dahil olmak üzere çeşitli mahsulleri etkileyen belirli fungusların metabolizması tarafından üretilen toksik bileşiklerdir. Bu funguslar, özellikle büyümesi için uygun koşullar altında, tarlada, depolama ve nakliye sırasında çeşitli mahsulleri kirletebilir (Pickova vd., 2021). Gıda kalitesinin daha düşük olduğu gelişmekte olan ülkelerde, mikotoksinle kirlenmiş gıda veya yem, hayvanlarda veya insanlarda birçok sağlık, rahatsızlık ve sosyoekonomik sorunlara neden olabilir (Abd-Elghany ve Sallam, 2015; Montanari vd., 2016).

Mikotoksin kontaminasyonu tahıllar (buğday, arpa, mısır, pirinç), mercimek, fıstık, badem, fındık, ceviz, antep fıstığı, kahve, pamuk çekirdeği, baharatlar (kırmızı biber, kara biber, zencefil) ve et dahil olmak üzere gıda ürünleri için küresel bir risktir (Pleadin vd., 2019). Mesterházy ve ark. (2020) göre, mikotoksin kontaminasyonu yılda yaklaşık 1,3 milyar metrik ton gıdanın israfına neden olmaktadır ve bu küresel gıda üretiminin üçte birine eşdeğerdir. Tahıllardaki küf istilası genellikle tarlada veya hasattan sonra gerçekleşir. Mikotoksin üretimi, hasat zamanında yağmur yağması veya sonrasındaki kötü depolama koşulları gibi bazı çevresel faktörler nedeniyle bazen kaçınılmazdır.

Günümüzde 300-400 arasında farklı mikotoksin türü bilinmektedir. Bunlardan sadece 30 mikotoksin insanlar ve hayvanlar için zararlı olduğu bilinmektedir. Bu 30 mikotoksin arasında kritik mikotoksinlerden bazıları aflatoksinler (AF'ler), okratoksinler (OTA'ler), fumonisinler (FMN'ler), *Alternaria* toksinleri (alternariol (AOH), alternariol monometileter (AME), tentoksin (TEN), altenuen (ALT), trikotesenler, patulin (PAT), zearalenon (ZEN), trikotesenler (T-2/HT-2 toksinleri, deoksinivalenol (DON), nivalenol (NIV)) ve sitrinin (CIT)'dir (Agriopoulou vd., 2020; Marc, 2022). Ancak mikotoksinler arasında yalnızca 10-12 tanesi halk sağlığı için en tehlikeli olanlardır. Bunlara AF'ler (en tehlikelileri AF B₁ ve AF M₁), ergot alkaloidleri, FUM'ler (en tehlikelisi F B₁), DON, OT A, PAT, ZEA ve trikotesenler (T-2 ve HT-2) dahildir. Mikotoksinler ayrıca kansere, alerjilere ve organ toksisitesine neden olabilir (Alshannaq ve Yu, 2017). Etkilerinin şiddeti, maruz kalma derecesine ve mutajenik ve teratojenik etkilerine bağlıdır. Örneğin, belirli fungus bulaşmış yiyecekleri tüketmek karaciğer kanseri, bağışıklık baskılanması (AF B₁, OT A), karın ağrısı (DON), endokrin bozulması (ZEN), bodur

büyüme (T-2 toksini) ve genotoksisite dahil olmak üzere çeşitli uzun vadeli sağlık etkilerine yol açabilir (Rašić vd., 2019; Liu vd., 2020). Birden fazla mikotoksine uzun süreli maruz kalma, sinerjik sağlık etkilerine de neden olabilir (Tablo 1) (Zhou vd., 2017). Bu mikotoksinler bağırsak mukozasında lezyonlara neden olur ve önemli bir immünoşüpresif etkiye sahiptir (Gab-Allah vd., 2023). Dahası, gıdalardaki mikotoksinlerin varlığı sadece fungus büyümesi üzerinde zararlı etkilere sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda ham maddelerin besin değerini de bozar. Ayrıca, bu mikotoksinler sindirim süreçlerini bozarak besinlerin sindirilebilirliğini ve emilimini azaltabilir olabilir (McIlwaine vd., 2021).

Tablo 1. Mikotoksin grupları, üreten başlıca fungus türleri, en sık kontaminasyon ürünler ve sebep olabileceği insan hastalıkları (Reddy vd., 2010).

Mikotoksin	Fungus türleri	Gıda	Hastalık/Sendrom
Aflatoksinler	<i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>	Mısır, Buğday, Pirinç, Sorgum, Yer fıstığı, İncir	Karaciğer lezyonları, Siroz, Primer hepatosellüler karsinom, Kwashiorkor, Reye sendromu
Fumonisinler	<i>F. verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i>	Mısır, Mısır ürünleri, Sorgum	Özofagus karsinomu
Okratoksin A	<i>A. ochraceus</i> , <i>P. verrucosum</i> , <i>A. carbonarius</i>	Tahıllar, Kurutulmuş üzüm, Şarap, Kahve	Endemik nefropati, Ürotelyal tümörler
Deoksinivalenol	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	Tahıllar, Tahıl ürünleri	Mide bulantısı, Kusma, Karın ağrısı, İshal, Baş dönmesi, Baş ağrısı
Zearalenon	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	Tahıllar, Tahıl ürünleri	Kızlarda erken ergenlik, Rahim ağzı kanseri
Patulin	<i>P. expansum</i>	Elmalar, Elma suyu	Gastrointestinal, Solunum sistemleri, DNA, Birçok enzimin hasar görmesi

Yem veya gıda örneklerinin yüksek bir yüzdesinin birden fazla mikotoksin içerdiği iyi bilinmektedir. Genellikle, belirlenen kontaminasyon seviyeleri, izin verilen maksimum değerlerin altında olduğu için Avrupa gerekliliklerine uymak için yeterince düşüktür, ancak düşük seviyelerdeki bu tür ortak mikotoksin eş kontaminasyonu, mikotoksinler arasındaki katkı maddesi veya sinerjik etkileşimler nedeniyle hayvanlar veya insanlar üzerinde yine de olumsuz etkilere neden olabilir (El-Sayed vd., 2022). Bu bağlamda, her özel durum için uygun önleyici

tedbirleri önermek amacıyla yeterli hijyen kontrolü, gerekli risk değerlendirmesiyle birlikte hayvanlar ve insanlar için olası tehlike analiz edilmelidir.

Küresel gıda güvenliğine ilişkin mevcut durum hala endişe vericidir ve gıda güvenliği sorunları sıklıkla görülmektedir. Mevcut düzenleyici önlemlerin etkinliği hakkındaki sorular hala büyük önem taşımaktadır, çünkü mikotoksinler genellikle gıda emtialarının veya yemlerin değersizleştirilmesine ve ardından gıda kaybına, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Dünya çapında milyarlarca insan mahsuller, baharatlar, et, kahve, süt ürünleri, şarap, bira ve diğerleri yoluyla mikotoksinlere maruz kalmaktadır (Marc, 2022). Bu nedenle, mikotoksinlerin ekonomik ve sosyal etkisi, hayvanların/in-sanların hastalıkları veya ölümleri, hayvan veya insan sağlığının kaybı, tıbbi bakım ve veterinerlik hizmetleri için artan maliyetler, çiftlik hayvanlarının büyümesinin ve performansının sınırlandırılması, hayvan verimliliğinin ve hayvancılık üretiminin azalması, kontrol ve önleyici tedbirler için maliyetler, araştırma maliyetleri, mikotoksinlerin detoksifikasyon maliyetleri, yem/gıda kayıplarından kaynaklanan ekonomik kayıplar, mikotoksin kontaminasyonundan kaynaklanan atık ürünler ve diğerleri gibi birçok farklı kayıp türünü içerir (Marc, 2022).

Bu çalışma tarımsal ürünlerdeki ve gıdalarda/yemlerde en tehlikeli mikotoksinler ve tehlikesini vurgulamaktır. Hasat öncesi ve sonrası dönemde ham maddelerin ve gıda ürünlerinin mikotoksin kontaminasyonuna karşı bazı uygun önleyici tedbirlerle gıdaların/yemlerin mikotoksin kontaminasyonu riskinin risk değerlendirmesi ve yönetimi açıklanacaktır. Tarımsal ürünlerin ve hammaddelerin mikotoksin dekontaminasyonunun mücadele yöntemleri açıklanacaktır. Mikotoksin üretimini etkileyen faktörler, coğrafi dağılımları, dünya çapındaki mevzuatlar, mikotoksinlerin teşhisleri, iklim değişikliğinin mikotoksin kontaminasyonu üzerindeki etkisi ve gelecek perspektifiyle ilgili kısa bazı pratik bilgiler sunulmak amaçlamıştır.

2. TARIMSAL ÜRÜNLERDE MİKOTOKSİN GRUPLARI

Mikotoksinler sıklıkla hayvan yemlerini veya insan gıdalarını insan/hayvan sağlığı üzerinde zararlı etkiler oluşturacak düzeylerde kirlettiği görülmektedir (Pereira vd., 2019; Marc, 2022). Mikotoksinlerle kirlenmiş gıdaların tüketimi nadiren akut toksisi-teyi belirler; ancak birçoğu için mutajenite, hormonal, gastrointestinal veya böbrek bozukluklarının indüklenmesi ve immüno-supresyon dahil olmak üzere ciddi kronik etkiler gösterilmiştir. Mikotoksinler nörotoksik (FB1), nefrotoksik (OTA ve FB1), immünosüpresif (AF B₁, OTA ve T-2 toksini), kanserojen (örneğin AF B₁, OT A ve F B₁), östrojenik (ZEA) veya genotoksik (AF B₁, OT A, T-2) etkiler gösterebilir (Kan ve Meijer, 2007).

Mikotoksinlerin çoğu, FM'ler, OTA'lar ve AF'ler gibi şüpheli insan kanserojen ajanlarıdır ve tümör indükleyici aktiviteleri de-ney hayvanlarında doğrulanmıştır. AF'ler tipik olarak kanserojen, hepatotoksik, mutajenik, teratojenik ve immüno-süpresif ajanlardır (Ciegler, 2020; Khan vd., 2024). AF'ler özellikle endişe vericidir çünkü son derece toksiktirler ve Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (International Agency for Research on Cancer /IARC) tarafından Grup 1 insan kanserojenleri olarak kabul edilirler (Shephard, 2008; Anfossi vd., 2016). AF'ler genellikle *A. flavus* ve *A. parasiticus* tarafından üretilir. AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ olmak üzere dört farklı AF türü vardır. Ayrıca, bu mikotoksinler süt ineklerinde sindirim ve metabolizma süreçleri sırasında hidroksillenir ve AF M₁ ve AF M₂ adı verilen türevler olarak süte atılır (Sun vd., 2022). Buğday, mısır, arpa ve fıstık gibi tarımsal ürünler, özellikle böcek hasarı, kuraklık stresi ve yetersiz depolama koşulları altında AF kontaminasyonuna karşı hassastır (Frisvad vd., 2019; Khan vd., 2021a). AB'deki daha sıkı düzenlemeler, daha yüksek hassasiyetleri nedeniyle bebekler için daha düşük bir eşik (0,1 µg/kg) ile gıdalardaki AF'ler için izin verilen sınırlar belirler (Chhaya ve ark., 2022). AF'nin keşfi, 1969'daki "Hindi X hastalığı" olayına dayanır ve bir kümes hayvanı çiftliğinde önemli kayıplara neden olan kontamine fıstık unu ile ilişkisini ortaya koyar (Harčárová vd., 2018). AF'ler hepatotoksisite, immünotoksisite, mutajenite, karsinojenite ve teratojenite dahil olmak üzere çeşitli zararlı etkilerle bağlantılıdır (Kumar vd., 2017). AF ile kirlenmiş yiyecek veya yem tüketiminden kaynaklanan aflatoksikoz, önemli metabolik fonksiyonu nedeniyle öncelikle karaciğeri etkiler. AF'lere akut maruz kalma, hepatosit nekrozu ile karakterize karaciğer bozukluğuna neden olabilirken, uzun süreli maruz kalma kronik dejenerasyona, fibroza ve siroza yol açabilir (Khan vd., 2020).

OT'ler ise, *Aspergillus* ve *Penicillium* cinslerinin türleri tarafından üretilen mikotoksinlerdir. OTA'lar, *A. ochraeus*, *A. niger*, *A. alliaceus* ve *A. glaucus* dahil olmak üzere *Aspergillus* küfleri tarafından üretilen mikotoksinlerdir (Malir vd., 2016). Günümüzde, sadece okratoksin A (OT A) ve okratoksin B (OT B), geviş getiren hayvanların beslenmesinde önemlidir. OT A, tahıllardaki en yaygın kirleticidir ve yüksek toksisitesiyle bilinir. Bu küfler, özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde tahılları, konserve etleri, peyniri, üzümle, kahveyi, kakaoyu ve yan ürünlerini kirletir (Ismail ve Papenbrock, 2015). Emildikten sonra nefrotoksisiteye, hepatotoksisiteye ve immünosupresyona neden olurlar (Aboagye-Nuamah vd., 2021). Bununla birlikte, ruminal bakteriyel metabolizma, geviş getiren hayvanlarda okratoksinlerin toksisitesini hafifletir, ancak yine de potansiyel sorunlar oluştururlar (Xu, 2023). Protein üretimi, lipid peroksidasyonu, kalsiyum metabolizması, mitokondriyal solunum ve şeker metabolizması dahil olmak

üzere çeşitli biyolojik süreçleri bozarak insanlarda ve hayvanlarda okratoksikoza neden olur (Claeys vd., 2020). Benzer şekilde, FMN'ler, *Fusarium* cinsinin türleri tarafından sentezlenen bir grup mikotoksindir. FMN'ler, özellikle *F. moniliforme*, *F. verticillioides* ve *F. oxysporum* olmak üzere *Fusarium* spp. tarafından üretilen mikotoksinlerdir (Kamle vd., 2019). Bunlar Grup A, amidlerden (FMN A₁ ve FMN A₂) oluşur ve grup B, aminlerden (FMN B₁, FMN B₂, FMN B₃ ve FMN B₄) olmak üzere iki gruba ayrılır (Tomaszewska vd., 2022). Fumonisin B₁ ve B₂, saha koşullarında en yaygın olanlardır ve karaciğer ile böbreklerin işlevselliğini etkiler (Gao vd., 2023). Ayrıca *Fusarium* türleri, dişi östrojenlerinininkine benzer östrojenik etkiler gösteren Zearalenon (ZEN) üretir. Bu nedenle, üreme fonksiyonunda değişiklikler meydana gelebilir, doğurganlığı azaltabilir ve düşük riskini artırabilir (Rai vd., 2020). ZEN, buğday, pirinç, mısır ve yulafı kirleten *Fusarium* spp. tarafından üretilen bir mikotoksin türüdür. ZEN ağırlıklı olarak *F. moniliforme*, *F. verticillioides*, *F. oxysporum* ve *F. equiseti* tarafından üretilir. EN östrojen reseptörlerine bağlanarak hiperöstrojenik bir etkiye neden olur ve endokrin sistemlerini bozar (Kowalska vd., 2017). Yüksek ZEN seviyeleri oksidatif strese ve sitotoksositeye yol açan toksisiteye neden olur. ZEN'in toksisitesi hedef organın östrojenlere karşı tepkisine ve maruz kalma koşullarına bağlıdır (Henning-Pauka vd., 2018). Benzer şekilde, trikotesenler, hayvanların sağlığını ve verimliliğini etkileyen *Fusarium* cinsinin türleri tarafından üretilen mikotoksinlerdir. Trikotesenler, *Fusarium*, *Trichothecia* ve *Stachybotrys* (Marin vd., 2013) dahil olmak üzere çeşitli funguslar tarafından sentezlenen siklik seskiterpenlerdir. A, B, C ve D olmak üzere dört gruba ayrılırlar. A tipi trikotesenler genellikle yulaf, mısır, arpa ve yulaf gibi tahıllarda bulunur. Trikotesenler protein sentezini engelleyerek membran disfonksiyonuna, hücre ölümüne ve bağışıklık sistemi baskılanmasına neden olur (McCormick vd., 2011). 40'tan fazla türev belgelenmiş olmasına rağmen, T-2 ve DON (veya kusmuk toksini) en hayati olanlarıdır. DON, insanlar için kanserojen değildir ancak emildikten sonra üst bağırsakta zararlı etkilere neden olur (Schelstraete vd., 2020). DON, ribozomları hedef alarak ribotoksik stres, inflamatuvar yanıtlar ve apoptozu tetikler (Payros vd., 2016). DON'a akut maruziyet kusmaya ve iştahsızlığa neden olurken, kronik maruziyet bağırsak lezyonları, iltihaplanma ve bağışıklık modülasyonu ile bağlantılıdır. Benzer şekilde, DON'a kronik maruziyet iltihabı kötüleştirir, gastrointestinal epitel hücrelerini ve bağışıklık tepkilerini etkiler (Grenier ve Applegate, 2013). Bu mikotoksinler bağırsak mukozasında lezyonlara neden olur ve önemli bir immünoşüpresif etkiye sahiptir (Gab-Allah vd., 2023).

Önemli diğer mikotoksin grubu Patulin, ilk olarak 1940'larda *Penicillium patulum*'dan ve sonrasında *P. urticae* ve *P. griseofulvum* funguslarından antimikrobiyal aktif bir madde olarak izole edilmiştir. Hem soğuk algınlığını tedavi etmek için burun ve boğaz spreyi olarak hem de fungus cilt enfeksiyonlarını tedavi etmek için bir merhem olarak test edildi (Ciegler vd., 1971). Ancak 1950'ler ve 1960'larda, antibakteriyel, antiviral ve antiprotozoal aktivitesine ek olarak, patulinin hem bitkiler hem de hayvanlar için toksik olduğu ve antibiyotik olarak klinik kullanımını engellediği ortaya konulmuştur. 1960'larda, patulin bir mikotoksin olarak yeniden sınıflandırıldı. Günümüzde, elma, armut, kiraz ve diğer meyvelerin yumuşak çürümeye neden olan mavi-yeşil küf olan *P. expansum*, patulin kontaminasyonunun en yaygın nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Patulin, fermente edilmemiş elma suyunda düzenli olarak bulunur, ancak elma şarabı ürünlerine fermentasyona dayanamaz (Trucksess ve Tang, 2001). Patulin laboratuvar ortamlarında yüksek konsantrasyonda toksiktir, ancak doğal zehirlenmeye dair kanıtlar dolaylı ve kesin değildir. Patulin üreten suşlar elma, üzüm, kiraz, yabani elma, armut, kayısı, çilek, nektarin, kara dut, beyaz dut, kıvılcık, şeftali ve erik gibi çeşitli meyvelerden izole edilmiştir (Ritieni, 2003).

Gıdalardaki mikotoksinlerin varlığı sadece fungus büyümesi üzerinde zararlı etkilere sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda ham maddelerin besin değerini de bozar. Ayrıca, bu mikotoksinler sindirim süreçlerini bozarak besinlerin sindirilebilirliğini ve emilimini azaltabilir. Bu etkiler gıdanın besin değerini düşürebilir ve ek ince ekonomik kayıplara neden olabilir (McIlwaine vd., 2021). Bu nedenle, gıda güvenliği standartlarını korumak ve halk sağlığını korumak için gıda tedarik zincirinde mikotoksin kontaminasyonunu yakından izlemek ve düzenlemek son derece önemlidir.

3. MİKOTOKSİN ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Ürünlerde fungus büyümesinin sıklığı ve mikotoksin üretimi, hasattan önce mahsulün genel sağlığı, iklim, hasat yöntemleri, zamanlama ve uygun koruma için stabilizasyondan önceki hidrotermal koşullar dahil olmak üzere çeşitli çevresel faktörlerden etkilenir (Awuchi vd., 2021). Mikotoksin üretimini etkileyen faktörler içsel ve dışsal olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. İçsel faktör olarak mikotoksin fungusların ürettikleri toksinlerin miktarı ve kalitesinin çevre şartlarına bağlı olarak genetik düzeyde ifade edilmesini kapsamaktadır (Perrone vd., 2020). Toksin üreten suşların yaygınlığı fungus türüne, coğrafi konuma ve substratın doğasına bağlıdır (Greeff-Laubscher vd., 2020). Mikotoksin üretmek için belirli bir zamanda toksijenik bir fungusun varlığı gereklidir. Bununla birlikte, toksik fungusların ortaya çıkması her zaman mikotoksinlerin varlığı anlamına

gelmez ve fungusun yokluğu mutlaka mikotoksinlerin var olmadığı anlamına gelmemektedir. Dışsal faktörler (ekolojik faktörler) fiziksel, fizikokimyasal ve kimyasal faktörleri içeren sıcaklık, pH, oksijen, nem/suya erişim ve ortamdaki besin içeriğidir. Funguslar tipik olarak mezofiliktir ve ılımlı sıcaklık koşullarında gelişirler (Daou vd., 2021). Funguslarda hifal büyüme 20-25 °C'de optimumdur, ancak 5-35 °C'de daha yavaş olma eğilimindedir. Mezofilik türlerin konidiyumları ise -20 °C'de uzun süre uykuda kalır (Bakar vd., 2020). *P. expansum*, *P. viridicatum* ve *P. verrucosum* gibi bazı mikotoksin fungus psikrotrofik ve soğuk sıcaklıklarda gelişirler. 4 °C'nin altındaki sıcaklıklarda yavaşça büyüyebilirler (Daou vd., 2021). pH açısından funguslar bakterilerden daha dayanıklıdır. Bakteriler genellikle 7-8 pH aralıklarında gelişirken funguslar genellikle 3 ile 8 arasındaki pH'larda büyür ve optimum büyüme 5 ile 6 arasındaki pH seviyelerinde gerçekleşir. Asitlikleri (pH < 6) nedeniyle sebzeler, meyveler ve et gibi bazı yiyecekler bakteriyel zarara göre fungus zararına karşı çok daha hassastır. Tüm fungus optimum şekilde büyümek için oksijene ihtiyaç duyar. Ancak, birçoğu için gelişim, atmosferdekinden on kat daha düşük (%2,1) içeriklerden asgari düzeyde etkilenir. Düşük oksijen basıncı altında paketlenen gıda ürünleri fungus kontaminasyonundan güvenli değildir ve bu da onları potansiyel olarak güvenli hale getirir.

Yüksek nem içeriği ise fungusların büyümesini teşvik eder. Büyümesini sürdürmek için miselyumun serbest (kolayca erişilebilir) suya ihtiyacı vardır. Funguslar, tahılın su içeriği ile onu çevreleyen buhar formundaki su arasındaki denge tarafından etkilenen, tahıllar arasındaki boşluklarda bulunan su buharlarını kullanır (Pietsch, 2020). Gözenek suyu konsantrasyonu, su aktivitesi (water activity-aw) olarak bilinir. Serbest suyun yokluğunda, çevredeki fungus ekzoenzimlerinin substrata difüzyonu engellenir. Ancak, substratın depolimerizasyonundan sonra, basit moleküller fungus hücresinin içinde difüze olabilir. Bu parametre, su tutulmasına veya substratın mevcudiyetine bağlı olarak 0 ile 1 arasında dalgalanabilir ve bu faktörün karakteristik değerleri fungus için 0.70 ile 0.99 arasında değişkenlik göstermektedir. 0.60'ın altındaki bir aw fungusların büyümesine izin vermez, konidilere zarar vermez (Ezrari vd., 2021).

Yüksek şeker veya lipid konsantrasyonu mikotoksin üretimini teşvik eder. Şeker ve lipid açısından zengin olan tahıllar ve yağ tohumları, yüksek protein içeriğine sahip substratlara kıyasla mikotoksin kontaminasyonuna karşı daha duyarlı olma eğilimindedir. Ortam bileşimi mikotoksin salgılama fonksiyonunun ifadesini etkileyebilir (Kumar vd., 2017). AF üretimi glikoz, mannoz, sukroz ve fruktoz gibi belirli şekerler tarafından desteklenir (Tiwari vd., 2023). Demir, çinko ve bakır, AF ve OT A üretme potansiyelleri açısından test edilmiş olup hepsi, 10

mg/L ortam altındaki konsantrasyonlarda AF ve OT A üretimini teşvik etmektedir. Çinko, AF gelişimi ve üretimi açısından en etkili olanıdır. Demir ve bakırın etkisi, lipit peroksidasyonunun katalizörleri olarak işlevlerinden kaynaklanıyor olabilir (Latunde-Dada, 2017). Farklı ortam besi içeriğine sahip bir kültür ortamı farklı düzeylerde ifade edilen metabolik profillere sahip olacaktır (Al Salem vd., 2022).

4. MİKOTOKSİNLERİN COĞRAFİ DAĞILIMI

Mikotoksin funguslar dünya genelinde 26° ile 35° kuzey ve güney arasındaki enlemlerde çeşitli gıda ve ham maddelerde bulunur (Sun vd., 2023). Tablo 2, en yaygın mikotoksinler olarak tanımlanan AF'ler, FMN'ler, ZEN, DON, OTA ve T2 toksinleri dahil olmak üzere mikotoksinlerin yaygınlığı Kuzey Avrupa, Orta Avrupa, Güney Avrupa, Doğu Avrupa, Kuzey Amerika, Orta Amerika, Güney Amerika, Güney ve Doğu Asya bölgelerinde coğrafi dağılımını özetlemektedir (Gruber-Dorninger vd., 2019). Kuzey Avrupa, numunelerin %74,2'sinin DON için pozitif test edilmesiyle en yüksek kontaminasyon seviyelerine sahiptir. Orta Avrupa'da DON (%69,8), FUM (%43,2) ve ZEN (%45) ile yüksek bir kontaminasyon profili mevcuttur. Güney Avrupa'da FUM kontaminasyonu yüksek yaygınlıkta (%74,9) görülürken, Doğu Avrupa'da orta ila yüksek seviyelerde DON (%59,9), FUM (%33,6) ve ZEN (%42,5) görülmektedir. Kuzey Amerika'da DON (%64,1, 505 µg/kg) ve FUM (%47,7, 652 µg/kg) ile en yaygın kontaminantlardır. Orta Amerika, örneklerin %81,1'inde FUM bulunmasıyla yüksek oranda FUM ile kirlenmişti. Benzer şekilde, Güney Amerika'da en yüksek kontaminasyon seviyeleri FUM (%75,3, 1390 µg/kg) ve DON (%26,9, 344 µg/kg) bulunmaktadır. Benzer şekilde, Güney Asya'da ABF 1 (%82,2) önemli düzeyde yaygınlık göstermekte ve FUM ve ZEN sırasıyla numunelerin %69,0'ında ve %45,9'unda tespit edilmiştir. Doğu Asya'da DON'un (84,8%, 418 µg/kg) belirgin bir seviyesi görülmektedir (Gruber-Dorninger vd., 2019).

Genel olarak, AF'ler, OTA, FMN'ler, DON, T-2 toksinleri, ZEN ve PAT dahil olmak üzere mikotoksinlerin coğrafi dağılımı ve yaygınlığı, küresel gıda güvenliği endişeleri hakkında önemli bilgiler sağlanırken DON ve FMN'ler için yüksek pozitiflik oranları göstererek hedefli mikotoksin teşhis yönetim ve uygun depolanma koşulları stratejilerine acil ihtiyaç olduğunu ön görülmektedir.

Tablo 2. Mikotoksinlerin kıtalara göre coğrafi dağılımı (Gruber-Dorninger vd., 2019).

Bölge	AB F ₁	FUM	ZEN	DON	OT A	T-2
Kuzey Avrupa (n = 1958)	%5,9	%22,4	%28,9	74.2%	%8,1	%30,3
	3,1 µg/kg	186 µg/kg	35 µg/kg	504 µg/kg	19 µg/kg	34 µg/kg
Orta Avrupa (n = 21.036)	%12,7	%43,2	%45	69.8%	%11,9	%30,7
	1,6 µg/kg	187 µg/kg	40 µg/kg	428 µg/kg	2,8 µg/kg	11 µg/kg
Güney Avrupa (n = 3527)	%28,9	74.9%	%36,3	%52,9	%21,2	11.7%
	2,1 µg/kg	607 µg/kg	44 µg/kg	324 µg/kg	2,6 µg/kg	25 µg/kg
Doğu Avrupa (n = 2382)	17.0%	%33,6	%42,5	%59,9	36.4%	48.2%
	3,4 µg/kg	87 µg/kg	15 µg/kg	153 µg/kg	3,6 µg/kg	21 µg/kg
Kuzey Amerika (n = 5471)	%10,5	%47,7	31.7%	64.1%	%4,3	%3,9
	8,7 µg/kg	652 µg/kg	102 µg/kg	505 µg/kg	2,4 µg/kg	29 µg/kg
Orta Amerika (n = 367)	%8,6	%81,8	38.2%	70.0%	%3,8	4.1%
	3,9 µg/kg	929 µg/kg	60 µg/kg	316 µg/kg	2,5 µg/kg	3,1 µg/kg
Güney Amerika (n = 17.332)	%23,5	%75,3	%46,9	%26,9	%4,9	%21,5
	3,2 µg/kg	1390 µg/kg	51 µg/kg	344 µg/kg	17 µg/kg	31 µg/kg
Güney Asya (n = 1136)	%82,2	69,0%	%45,9	%23,1	%50,4	0,9%
	20 µg/kg	288 µg/kg	43 µg/kg	96 µg/kg	4,6 µg/kg	13 µg/kg
Doğu Asya (n = 13.232)	%10,4	%60,7	%23,1	%84,8	14.1%	11.0%
	7,0 µg/kg	810 µg/kg	1,5 µg/kg	418 µg/kg	29 µg/kg	16 µg/kg

5. MİKOTOKSİNLERLE İLGİLİ DÜNYA ÇAPINDAKİ MEVZUATA GENEL BAKIŞ

Mikotoksinlerin insan sağlığı için oluşturduğu riske rağmen, mikotoksinler doğada doğal olarak bulunduğundan bu kirleticiler için tam bir yasak koymak imkansızdır; ancak, fungus çoğalmasına daha yatkın olan ve tekrarlanan maruziyet kaynağı olan belirli ürünlerde, grubun en yaygın ve toksik türleri için dünya çapında maksimum kabul edilebilir seviyeler belirlenmiştir (Tablo 3). Tüketici-

lerin korunması ayrıca, iyi tarım, depolama ve işleme uygulamaları izlenerek mikotoksin seviyelerinin makul ölçüde elde edilebilecek en düşük seviyede tutulması yoluyla da sağlanmaktadır. Düzenlenmiş mikotoksinler ve ürünler ile maksimum kabul edilebilir seviyeler farklı ülkelerde önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Avrupa Mikotoksin Farkındalık ağı veritabanından ayrıca bu bilgilere erişim sağlanabilir (Anonim, 2024).

Mikotoksin fungusların etkileri gıdanın besin değerini düşürebilir ve ekonomik kayıplara neden olabilir (McIlwaine vd., 2021). Bu nedenle, gıda güvenliği standartlarını korumak ve halk sağlığını korumak için gıda tedarik zincirinde mikotoksin kontaminasyonunu yakından izlemek ve düzenlemek son derece önemlidir. Araştırmacılar ve düzenleyici kurumlar, gıda ürünlerindeki mikotoksin seviyelerini kontrol etmek için yönergeler ve düzenlemeler geliştirmek üzere sıklıkla birlikte çalışırlar. Mikotoksin kontaminasyonunu azaltma çabaları, etkili tarım uygulamalarının, uygun depolama koşullarının ve tüm gıda tedarik zinciri boyunca düzenli izlemenin uygulanmasını gerektirir. Ayrıca, çeşitli tehditlere dirençli ürün çeşitlerinin geliştirilmesi ve depolama tekniklerinin optimize edilmesi konusunda kapsamlı araştırmalar, küresel gıda güvenliği sorununu ele almak için çok önemlidir.

Avrupa Topluluğu, insan/hayvan gıdaları/yemlerindeki en tehlikeli mikotoksinler için izin verilen maksimum sınırları getirmiştir (Stoev, 2015), ancak bu düzenlemeler, izin verilenlerden önemli ölçüde daha düşük kontaminasyon seviyelerinde bazı hedef mikotoksinler arasındaki güçlü sinerjistik veya katkısız etki nedeniyle çok tehlikeli olabilen ortak mikotoksin maruziyetini ve çeşitli mikotoksin kombinasyonlarını ele almamaktadır. Yeterli gıda güvenliği kontrolünün sağlanması için, mikotoksinler arasındaki sinerjistik veya katkısız etkileşimi hesaba katması gereken, iyi koordine edilmiş uluslararası sistemin bir parçası olarak bazı ek kalite kontrol önlemleri getirilmelidir. Bu nedenle, gıda bilimi ve teknolojisi, sağlık bilimi, veterinerlik, tarım gibi hedef bilimsel alanlardaki nitelikli araştırmacıların bilgisi bu tür güvenlik ve kalite kontrol önlemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için büyük önem taşımaktadır (Stoev, 2013, 2015).

Birçok ulusal ve uluslararası kuruluş ve ajansın, mikotoksinler için önerilen yönergeleri belirleyen, standartlaştırılmış analiz protokolleri geliştiren ve düzenleyici tüzükler hakkında güncel bilgileri koruyan özel komiteleri ve komisyonları vardır. Ayrıca, mikotoksinlere odaklanan birçok dernek de vardır. Bu komisyonların ve kuruluşların web siteleri, en son bilgiler için kaynaklar; Tarım Bilimi ve Teknolojisi Konseyi (www.cast-science.org), Mikotoksikoloji Bülteni (www.mycotoxichology.org), Mikotoksin Araştırmaları Derneği ([103](http://www.my-</p></div><div data-bbox=)

cotoxin.de), Amerikan Petrol Kimyacıları Derneği Mikotoksinler Teknik Komitesi (www.aocs.org), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (www.fao.org), Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği'nin Mikotoksinler ve Fitoksinler Bölümü (www.iupac.org), Japonya Mikotoksikoloji Derneği (www.chujo-u.ac.jp/myco/index.html) ve ABD Gıda ve İlaç Dairesi Katkı Maddeleri ve Kirleticiler Komitesi (www.fda.gov) mevcuttur.

Tablo 3. Mikotoksin Genel Mevzuatı (Anfossi vd., 2016)

Mikotoksin	Gıda Emtia	Ülke	Maksimum tolere edilebilir düzeyler ^a (µg/kg)
AF'ler	Yağlı tohumlar, Kuruyemişler, Kuru meyveler, Tahıllar, Baharatlar	AB	4-15 ^a (AF B ₁ için 2-12 ^a)
		Avustralya, Kanada, GCC, Nijerya, Yeni Zelanda, Güney Afrika	(AF B ₁ için 15)
		ABD, Brezilya,	20
		Hindistan	30
AF M ₁	Süt ve Bebek maması	AB, Türkiye, Güney Afrika	0,25-0,05 ^a
		Arjantin, Çin, GCC, Hindistan, Kenya, Meksika, Uruguay, ABD	0,5
		Brezilya	0,5-5 ^a
DON	Tahıllar, Unlu mamuller	AB	500-1750 ^a
		Brezilya	750-3000 ^a
		Rusya	700-1000
		Kanada, Çin, Hindistan, Japonya, ABD	1000
FM'ler	Mısır	AB, Türkiye, Norveç, İsviçre	800-4000 ^a
		ABD	2000-4000 ^a
		Brezilya	2000-5000 ^a
OTA	Tahıllar, Kurutulmuş meyveler, Kahve, Kakao,	AB, Mısır	2-10 ^a
		Çin, Kenya, Nijerya, Rusya	5

Mikotoksin	Gıda Emtia	Ülke	Maksimum tolere edilebilir düzeyler ^a (µg/kg)
	Şarap, Bira, Üzüm suyu, Baharatlar, Meyan kökü	Hindistan	20
		Brezilya	2-30 ^a
		Uruguay	50
Patulin	Meyve suyu, Elma ürünleri	Brezilya, Çin, AB, GCC, Hindistan, Japonya, Kenya, Nijerya, Rusya, Güney Afrika, ABD	50
T-2 ve HT-2	Tahıl	AB	İzin verilmez
		Rusya	50-100 ^a
ZON	Tahıllar, Unlu mamuller, Mısır yağı	AB	75-400 ^a
		Brezilya	200-1000 ^a
		Çin, Rusya, Şili	200.000

^a Emtiaya göre değişen (en düşük-en yüksek MRL).

6. MİKOTOKSİNLERİN TEŞHİSİ

Mikotoksinlerle ilgili yasal düzenlemelere uyum, uygun tarım uygulamalarının uygulanmasını, düzenlenmiş depolama koşullarına uyulmasını ve temiz gıda işleme prosedürlerinin sürdürülmesini gerektirir. Karmaşık kontaminasyon yolları nedeniyle rutin ürün analizi zorunludur. Mikotoksinlerin toksik yapıları nedeniyle yasal sınırlar içinde bulunduklarından emin olmak için tespit edilmesi hayati önem taşır. Gıda güvenliğini sağlamak ve sağlık sorunlarını önlemek için etkili ve güvenilir mikotoksin tespiti çok önemlidir. Gaz kromatografisi (Gas chromatography/GC), İnce tabaka kromatografisi (Thin layer chromatography/TLC), yüksek performanslı sıvı kromatografisi (High-performance liquid chromatography/HPLC) ve kütle spektrometresi (Liquid chromatography/mass spectrometer-LC/MS) ile birleştirilmiş sıvı kromatografisi gibi kromatografik teknikler, mikotoksin tayini için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu metodolojiler yüksek maliyetleri ve kalifiye işçi gerektirmesi nedeniyle ham maddelerin hızlı bir şekilde incelenmesi için uygun değildir (Awuchi vd., 2021; Marck, 2022).

TLC, farklı gıda ve yem örneklerindeki mikotoksinleri analiz etmek için ekonomik bir yaklaşımdır. Çıkarılan mikotoksinlerin bir çözücüde çözülmesini

ve silika jel kaplı bir plakaya uygulanmasını içerir (Scott vd., 1970). Polar mikotoksinler yüzeye tutunur ve bu da UV veya floresan sinyalleri kullanılarak ayrılmalarına ve tespit edilmelerine olanak tanır. Bununla birlikte, kromatografik yöntemlerdeki gelişmeler sayesinde, GC ve HPLC iyileştirilmiş hassasiyetleri ve daha iyi tekrarlanabilirlikleri nedeniyle TLC'nin yerini almıştır (Khan vd., 2021b). GC, uçucu organik maddelerin (benzenler ve etanlar) analizi için yararlı bir yaklaşımdır ancak bu bileşiklerin düşük uçuculuğu ve yüksek polaritesi nedeniyle mikotoksinler için uygun değildir (Shephard, 2016). Bu nedenle, mikotoksinleri GC kullanarak analiz etmek için, uçuculuğu artırmak için türevlendirilmeleri gerekir ve bu da onları analiz için uygun hale getirir. GC'nin kütle spektrometrisi (GC-MS) ile birleştirilmesi, türevlendirmeden sonra mikotoksinlerin hassas bir şekilde tespit edilmesini sağlar.

Son zamanlarda, sıvı kromatografisi türevlendirme veya kimyasal değişiklikler olmadan artan iş yüklerini idare edebilme kabiliyeti nedeniyle tercih edilen yöntem haline gelmiştir. MS veya MS/MS, mikotoksinleri kütle/yük oranına göre etkin bir şekilde ayırır ve bunların aynı anda tespit edilmesini sağlar. Bu yöntem, yüksek hassasiyeti ve güvenilirliği nedeniyle pik alanı ölçüm sinyali analiz ederek yasal sınırların altındaki toksinlerin tespitini mümkün kılar (Sulyok vd., 2020). Ancak, GC ve LC tekniklerinin laboratuvar ekipmanının yüksek maliyeti ve gerekli uzmanlık nedeniyle sınırlamaları vardır. Bu sınırlamalar nedeniyle, mikotoksin tespiti ve kantifikasyonu için uygun maliyetli, kullanıcı dostu ve hızlı yaklaşımlar sağlayan immüno bazlı analizler (ELISA ve LFA) gibi alternatif yöntemler araştırılmıştır. Bunu ele almak için, enzim bağlantılı immünosorbent testi (Enzyme-linked immunosorbent assay/ELISA), yanak akış testleri (Lateral flow assays/LFA'lar) ve biyosensörler dahil olmak üzere bazı yenilikçi tespit yöntemleri, mikotoksinleri hızla tespit etmek ve ölçmek için tasarlanmıştır (Zhang vd., 2019). ELISA ve LFA gibi immünoanalitik yöntemler, antikor-antijen bağlanmasına dayanan kromatografik yöntemlere alternatifler sunar. ELISA, tespit için substrat dönüşümü gerektirirken, LFA, altın parçacıklarının belirli bir birikimini içerir (Urusov vd., 2014).

LFA'lar tıp, veterinerlik bilimi ve çevre dahil olmak üzere çeşitli alanlardaki tanı testlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Mikro plaka tabanlı analizlere kıyasla daha kısa tespit süreleri ve daha basit yürütme süreçleri ile kalitatif ve kantitatif yaklaşımlar kullanılarak analitlerin analizine olanak tanır. Araştırmacılar, mikotoksinleri tespit etmek için poliklonal antikorlar (polyclonal antibodies/pAbs) ve monoklonal antikorlar (monoclonal antibodies/mAbs) kullanarak LFA'lar geliştirmişlerdir. Test (T-hat), analitlerin membrandan geçmesine izin vererek bir şeride küçük bir numune uygulamayı içerir (Yin vd., 2020). Xu

ve ark. (2019), mısırdaki ZEN'i tespit etmek için LFA'nın kromatik yoğunluğunu ve hassasiyetini iyileştirmek amacıyla polidopamin (Polydopamine/PDA) kaplı altın nanopartikülleri (Gold nanoparticles/AuNP'ler) geliştirdi. PDA kaplı AuNP'ler artan stabilite, azalan agregasyon ve daha belirgin renk parlaklığı gösterdi. Mikotoksin tespiti için yapılan deney, AuNP tabanlı LFA'dan on kat daha düşük olan 7,4 pg/mL'lik bir tespit limiti (Limit of detection/LOD) gösterdi (Calabria vd., 2021).

Biyosensörler, biyolojik tanıma elemanları ve bir sinyal dönüştürücüsü kullanarak hedef molekülleri algılayan ve miktarını belirleyen analitik araçlardır. İmmüno-sensörler, aptasensörler, peptit bazlı sensörler ve biyolojik olarak esinlenmiş tanıma elemanlarına dayalı MIP (Molecularly imprinted polymer) bazlı sensörler dahil olmak üzere farklı tiplere ayrılırlar (Evtugyn vd., 2021; Rico-Yuste vd., 2021). Dijital çıktı formatları üreterek reaksiyonların gerçek zamanlı izlenmesini sağlarlar. Mikotoksin tarama yöntemleri, hassasiyet, basitlik, sağlamlık ve yeniden kullanılabilirlik iyileştirilerek geliştirilebilir. Elektrokimyasal, kalorimetrik, optik ve manyetik dahil olmak üzere çeşitli dönüştürücüler, mikotoksin sensörleri geliştirmek için son dönemlerde araştırılmaktaya devam eden konudur (Zhao vd., 2018).

7. MİKOTOKSİNLERLE GENEL MÜCADELE YÖNTEMİ

Gıda ürünlerindeki mikotoksinleri önlemek ve ortadan kaldırmak için stratejiler geliştirmek önemlidir. Mikotoksin kontaminasyonunu önleme stratejileri hasat öncesi veya hasat sonrası önlemler olabilir. Hasat süreci boyunca önleyici önlemler zamanında hasadı sağlamayı, aşırı nemle hasadı önlemeyi ve gerekirse depolamadan önce mahsulleri kurutmayı içermektedir (Nada vd., 2022). Günümüzde tarımsal gıda endüstrisi, aseptik koşullar altında gıda üretmek için filtrasyon, hava sterilizasyonu, aşırı basınç sektörleri ve atmosferlerin ve yüzeylerin dezenfeksiyonu gibi modern teknolojiyi kullanarak yüksek bir kalite ve güvenlik standardı için çabalamaktadır (Fumagalli vd., 2021). Tarımda fungus kontaminasyonunu önlemek zorlu bir görevdir. Ancak, toprak ve kirlenmiş ekipmanla temas yoluyla tohum ve meyvelerin süperenfeksiyonunu önlemek önem arz etmektedir (Greff vd., 2023). Ayrıca temaslar hiflerin bitkiye nüfuz etmesini kolaylaştıran yaralanmalara neden olur. Fungus kontaminasyonu ile uğraşırken, konidial çimlenmeyi ve hif gelişimini önlemek zorunludur. Mikotoksinler gıdalarda zaten mevcutsa olumsuz etkilerini en aza indirmek için kontrol stratejileri uygulamak gerekir. Tanının karmaşıklığı göz önüne alındığında, coğrafi bölgeye, iklim koşullarına ve potansiyel gıda kaynaklarına dayalı insidansı bilmek faydalıdır. Bu faktörler önlemede nasıl ilerleyeceği konusunda karar verme sürecine rehberlik edebilir.

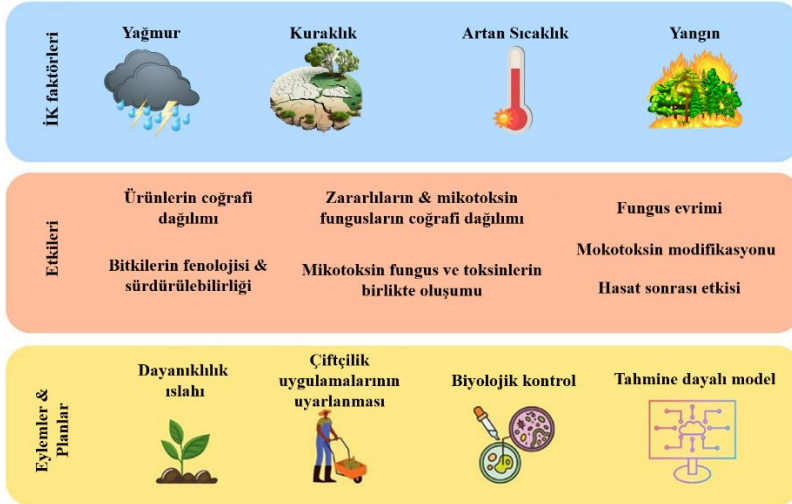
Geleneksel olarak çeşitli gıdalardaki fungus büyümesini ve mikotoksin kontaminasyonunu kontrol etmek ve azaltmak için bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılır (Şekil 1). Çoğu, mikotoksinleri kısmen yok edebilir veya etkisiz hale getirebilir, ancak nadiren ortadan kaldırırlar (Mavrommatis vd., 2021). Bu tekniklerin genellikle tat, doku ve besin bileşimi dahil olmak üzere gıda substratlarında değişikliklere neden olduğunu dikkate almak önemlidir (Zhang vd., 2019).

Fiziksel uygulama işlem alanında, ürünlerdeki su aktivitesini düşük seviyelerde, özellikle 0.70'in altında tutmak için termal veya radyasyon yöntemleri kullanılabilir. Bunun nedeni, düşük su aktivitesinin fungusların gelişip büyümesi için elverişsiz bir ortam oluşturmalarıdır. Isıl işlem, 160 °C'nin üzerindeki sıcaklıkları gerektiren etkili bir stratejidir (Mir vd., 2021). Başka bir çalışmada Deng ve ark. (2021), mikotoksin yükünde %45-%83 oranında bir azalma olduğunu belirtmiştir. Gómez-Salazar ve ark. (2023), 160 °C'lik sıcaklıklarda işlemten sonra aflatoksin B₁ yükünde bir azalma olduğunu bildirmiştir. Yüksek sıcaklıklarda ısıl işlem okratoksinine karşı da etkili olmuştur (Gu vd., 2021). Benzer şekilde, kuru öğütülmüş buğdayın ısıtılması, yüksek sıcaklıklarda ve uzun bir maruz kalma süresinde (örneğin, 3 saat boyunca 150 °C'de %50 azalma) OT A içeriğinde bir azalma göstermektedir. Öğütülmüş malzeme nemlendirildiğinde, azalma daha hızlıydı. Ancak, OTA eliminasyonu 200 veya 250 °C'de bile elde edilemedi (Gu vd., 2021).

Kimyasal yöntem işlemlerinde, mikotoksinleri etkili bir şekilde ortadan kaldırmak için değişken bir alternatif sunar; amonyumlama, yüksek sıcaklık ve basınçla birleştirildiğinde aflatoksin B₁'e karşı yaygın olarak incelenmiş ve kanıtlanmış etkili bir yöntemdir (Doğan ve Hayırlı, 2022). Ancak, etkinliği belirli mikotoksinlerle sınırlıdır. İşlemin teknik verimliliğine rağmen maliyetlidir. İşleme sırasında, gıdanın besin içeriğinde önemli bir düşüş olur ve bunun sonucunda saha koşullarında kullanımını kısıtlayan kimyasal kalıntıların ortaya çıkmasıyla sonuçlanır. Mikotoksinlerle kirlenmiş gıdalar için diğer detoksifikasyon yöntemleri arasında ozon, hidrojen peroksit veya sodyum bisülfid gibi oksitleyici maddeler bulunur (Liu vd., 2022a, 2022b). Ancak, propiyonat, kalsiyum sorbat ve natamisin dahil olmak üzere belirli antifungal katkı maddelerinin insan gıdalarında paketlenme amacıyla kullanılması yasaktır. Bununla birlikte, benomil, etoksikin, difenilamin ve tiabendazol gibi antifungal maddeler, hasattan sonra meyve ve sebzelere özel olarak uygulanabilir (Hamad vd., 2023).

Son zamanlarda, fiziksel ve kimyasal dekontaminasyon tekniklerinin sınırlamalarını aşmak için bu tekniklere bir alternatif olarak biyolojik detoksifikasyon yöntemlerini keşfetmeye yönelik ilgi artmaktadır. Bazı tıbbi bitkiler, baharatlar,

otlar veya enzimler gibi doğal maddeler, gıdalardaki mikotoksinlerin detoksifikasyonuna yardımcı olma potansiyeline sahiptir, ancak bunların saha koşullarında uygulanması hala karmaşıktır, pahalıdır ve mikotoksinleri yalnızca kısmen etkisiz hale getirir (Mahato vd., 2022). Alternatif olarak, fermantasyon süreçleri yoluyla mikotoksin içeriğini azaltabilen bazı mikroorganizmalar tanımlanmıştır. Örneğin, bazı laktik asit bakterileri süt fermantasyonu sırasında aflatoksin M₁'i detoksifiye eder (Sanaldi ve Coban, 2023). Ancak, hayvan yeminde önleyici bir önlem olarak uygulaması sınırlıdır. Biyolojik detoksifikasyon yöntemlerinin avantajı, hafif reaksiyon koşulları altında çalışmaları ve toksik kimyasalların kullanılmasına gerek kalmamasıdır. Dahası, bu yöntemlerin ürünün besin değeri veya tadı üzerinde çok az etkisi vardır. Bununla birlikte, bu yöntemlerin çoğu öncelikle sulu çözeltilerde test edilmiş olup, hayvanlar üzerinde sınırlı sayıda deney yapılmıştır. AF ve OT A'nın gastrointestinal sistemin mikroflorası tarafından bozunması, inek ve koyunların rumeni veya sığanların bağırsağı gibi çeşitli çalışmalarda tanımlanmıştır (Loh vd., 2020). Bir *in vitro* deneyde, insan bağırsak florasının da OTA'yı parçalayabildiği gösterilmiştir. Mwabulili ve ark. (2023), bira üretimi sırasında maya tarafından OT A'nın kısmi adsorpsiyonunu bildirmiştir.



Şekil 1. İD faktörlerinin ürün ve mikotoksin funguslarda etkileri ve kontaminasyonunu önlemek için stratejiler

Ayrıca, bazı mikotoksinler gıda üretimi sırasında stabildir ve bu da geleneksel ısı yöntemlerinin mikotoksin seviyelerini etkili bir şekilde azaltamayabileceğini düşündürmektedir (Peng vd., 2018). Sonuç olarak, duyu nitelikleri iyileştirirken gıdalardaki mikotoksin seviyelerini azaltmak için ısı dışı yöntemleri kullanma yönünde büyüyen bir eğilim vardır. Bu ne-

denle, mikotoksinleri azaltmada ve gıda güvenliğini sağlamada etkinliklerini artırmak için yeni stratejileri kapsamlı bir şekilde analiz etmek zorunludur.

8. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN MİKOTOKSİN KONTAMİNASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İklim değişikliğine (İD) bağlı artan sıcaklıklar, toprak ve su kıtlığı, şiddetli kuraklık, orman yangınları ve yoğun yağış gibi aşırı hava olayları gıda sistemimize eşsiz bir zarar vermektedir. Bu değişken ve aşırı olaylar, dünya çapında çeşitli gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik tehlikelerini ortaya çıkarabilir. Halk sağlığı ve uluslararası ticaret için önemli sonuçlar doğurabilir (FAO, 2020). İD'nin en belirgin etkileri hem yüksek hem de düşük gelirli ülkelerde gıda güvenliği olarak görülecektir. İD'nin sadece gıda bulunabilirliğini değil, aynı zamanda gıdaya erişimi, gıda kullanımını ve gıda tedarikinin istikrarını da etkileyeceği öngörülmektedir (Nicholson vd., 2021; Foini vd., 2023). Değişen sıcaklık ve yağış düzenleri halihazırda gıda kaynaklı patojenlerin coğrafi dağılımında ve dayanıklılığında değişikliklere yol açmaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC), ılıman bölgelerde daha sıcak sıcaklıkların meydana geldiğini bildirmiştir; bu durum zararlıların yeni uygun yaşam alanlarına yayılmasını kolaylaştırabilir, hastalıkların şiddetini ve sıklığını etkileyebilir ve daha önce hiç bulunmadıkları belirli alanlarda yeni insan ve hayvan sağlığı endişeleri ortaya çıkarabilir (IPCC, 2022). Buna göre, daha önce kontaminasyon geçmişi olmayan bölgelerde İD'nin gıda güvenliği üzerindeki etkisinde ana rolü oynadığı düşünülen mikotoksinlerin ortaya çıktığına dair çalışmalar mevcuttur (Moretti vd., 2019).

Sıcaklık ve yağış gelecekteki küresel değişimden en çok etkilenmesi muhtemel değişkenlerdir ve bunların nihai değişikliklerinin bitkiler ve patojenleri, mikotoksinler gibi metabolitleri de dahil olmak üzere çok çeşitli etkilere sahip olması beklenmektedir (Paterson ve Lima, 2010). Aslında, patojen, konuk bitki ve çevreden oluşan geleneksel dengeli hastalık üçgeni, çevresel bileşenin göreceli önemi ve baskısı nedeniyle değişmektedir (Medina vd., 2017). Bu değişkenlik, konuk bitkilerin büyümesini ve bağışıklık sinyallerini ve abiyotik stres tepkilerini etkileyebilir ve ayrıca patojenin hayatta kalmasını, büyümesini ve virülans faktörlerinin iletimini etkileyebilir. Bu nedenle, beklenen sonuç, konuk bitkilerin düşmanlarına karşı tamamen duyarlı olmaktan tamamen dirençli olmaya kadar değişebilmesidir, patojen ise ciddi hastalıklara neden olmaktan sadece zayıf patojenik olmaya kadar değişebilir (Velásquez vd., 2018). Kısacası, daha önceki

dengeli patolojik sistemlerin bozulabileceği, yeni ve çoğunlukla bilinmeyen yönleri sapabileceği açıktır.

Mikotoksijenik funguslar göz önüne alındığında, her fungus türünün hayatta kalma için kendi aralığı ve optimum çevre koşulları vardır. Buna göre, iklim koşullarındaki değişiklikler fungus popülasyonlarında ve mikotoksin modellerinde kaymalara yol açacak ve fungus türleri büyümeleri için en iyi çevre koşullarına sahip alanlara göç edecektir; termofilik funguslar düşük enlemlerde, psikrofil olanlar ise yüksek enlemlerde yaygın olacaktır (van der Fels-Klerx vd., 2016). Bu nedenle, İD'nin en çok beklenen etkilerinden biri, daha sıcak sıcaklıkların daha termofilik/termotolerant türlerin göçünü, tanıtımını veya yerleşmesini sağlaması, ancak buna paralel olarak aşırı hava olaylarının daha sık görülmesinin düşük fenotipik plastisiteye sahip türlerin sayısını azaltması ön görülmektedir (Vaughan vd., 2016).

İD'nin farklı patojen sistemler üzerindeki etkilerinin incelenmesi 1990'larda başlamıştır (Pautasso vd., 2012). Şimdiye kadar, araştırma çabalarının çoğu birkaç mikotoksin oluşturan fungus, özellikle *Fusarium* ve *Aspergillus* spp. üzerinde yoğunlaşmıştır. Kuzey Avrupa bölgelerinde *F. culmorum*'un yerini alan *A. flavus*'un, kurak ve sıcak mevsimlerin ardından Güney Avrupa bölgelerinde baskın hale geldiği ve *F. verticillioides* ile rekabet ettiği bildirilmiştir (Battilani vd., 2016). Tropikal ve kuraklığa dayanıklı bir mikotoksin üreten fungus olan *A. flavus*, 19-35 °C gibi geniş bir sıcaklık aralığına dayanır; büyümesi için optimum sıcaklık yaklaşık 28 °C, AF üretimi için ise 28-30 °C'dir (Medina vd., 2014). AF'ler, Sahra Altı Afrika gibi bölgelerde büyük bir endişe kaynağıdır; ancak Akdeniz bölgesi ısındıkça, İspanya ve İtalya gibi ülkelerde kuraklık olayı riski önemli ölçüde arttığından, fungus ve mikotoksin modellerinde kaymaların daha sık gerçekleşmesi beklenmektedir (Fapohunda ve Adewunmi, 2019). Locatelli ve ark. (2022), 2011'den 2021'e kadar mısırdaki çoklu mikotoksin uzun vadeli izleme araştırmasına dayanarak, *Fusarium* spp.'nin en sık bulunan fungus olduğunu, baskın mikotoksinlerin ise FUM'lar olduğunu doğruladı; yine de AF kontaminasyonu giderek daha yaygın ve yaygın hale gelmektedir.

A. flavus'un mısır ürünlerindeki artan yaygınlığı sadece İtalya'da değil, aynı zamanda Balkan bölgelerinde (yani Sırbistan ve Hırvatistan) ve Macaristan'da da tespit edilmiştir (van der Fels-Klerx vd., 2016; Dovenyi-Nagy vd., 2020). *A. flavus*'un optimum sıcaklıkları daha düşük olan diğer funguslarla rekabet edeceği öngörülmektedir. Değişen iklim koşulları nedeniyle zararlıların kutuplara doğru hareketi organizmaların çeşitliliğini ve dağılımını etkileyecektir. Böceklerin kuzeye göç etmesi ve mahsullere daha fazla zarar vermesi beklenmektedir. İD'ler

fungus popülasyonlarını ve mikotoksin modellerini etkileyecek, termofilik funguslar daha sıcak bölgelere ve psikrofilik funguslar daha soğuk bölgelere taşınacaktır. Daha sıcak sıcaklıklar daha fazla termofilik tür getirebilirken, aşırı iklim olayları düşük adaptasyon yeteneğine sahip türleri azaltabilir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalar geçmişte sıcak konular olan birkaç mikotoksin üreten fungus ve ürünün ötesine geçerek İD nedeniyle önemli hale gelebilecek diğer fungusları ve ilgili mikotoksinleri de kapsayacaktır.

9. SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Mikotoksinler yapıları ve biyosentetik yolları farklı, kimyasal olarak stabil ve çoğu gıda ve yemlerde ürünün kirlenmesine neden olan çeşitli funguslar tarafından üretilen ikincil metabolitlerdir. Bu tür kirlenmiş gıda ve yemlerin tüketilmesi, kanserojenliğin yanı sıra hem insan hem de hayvan sağlığına zararlı etkilere, yani hepatotoksisite, nefrotoksisite, nörotoksisite ve immünotoksisiteye neden olmaktadır. Farklı fungus cinsleri ve türlerinin sıcaklık, bağıl nem, yağış ve su aktivitesi açısından çeşitli ekolojik ihtiyaçları ve optimum gelişme koşulları var ve mikotoksin üretimi bu faktörlere bağlılık göstermektedir. Bu faktörlerin temel etki bileşeni iklim değişikliği (İD) olayları olarak görülmektedir. Global tarım, hızla büyüyen nüfus, arazi bulunabilirliğinin azalması ve bozulması ve biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi bir dizi baskıyla karşı karşıyadır. Bu bağlamda, İD potansiyel olarak konvensiyel tarımda açlığın olmadığı bir dünyaya doğru ilerlemeyi sekteye uğratabilir. Bu olgunun halihazırda savunmasız olan bölgelerde gıda güven-sizliğini artırması muhtemeldir. Yeni çevresel koşullarla nasıl yüzleşileceği konusunda farkındalık yaratacak şekilde yapılandırılmış sağlam politikalar, duyarlılık artırma eylemleri ve eğitim faaliyetleri önerilen eylemler olmalıdır. Ulusal yetkililer ve politikacılar, İD etkilerinden en çok etkilenecek olan gelişmekte olan ülkeler için teknoloji transferini ve çözümlere erişimi kolaylaştırmalıdır.

Yıllar boyunca yapılan varsayımları açıklığa kavuşturmak ve desteklemek için daha fazla veriye ihtiyaç vardır. Yeni ortaya çıkan ve zorlu çevre senaryolarında tüketici sağlığını korumak için uluslararası düzenlemelerin güncellenmesi kesinlikle gereklidir. Coğrafi farklılıkları anlamak, etkili önleme ve azaltma stratejilerinin belirlenmesi, tarımsal uygulamaların iyileştirilmesi, gıda depolama koşullarının optimize edilmesi ve küresel gıda tedarik zincirinin güvenliğini sağlamak için tespit metodolojilerinin yükseltilmesi hayati önem taşımaktadır. Mikotoksinlerle ilişkili sağlık risklerini etkili bir şekilde azaltmak için gıdaları ve yemleri düzenli olarak izlemek ve önleyici tedbirler uygulamak zorunludur. Gıda ve yem ürünlerindeki düzenlenmiş mikotoksinler hakkında kapsamlı araştırmalar yürütülürken, ortaya çıkan mikotoksinler için belirli düzenlemeler bulunmamaktadır ve bu da insan ve hayvan sağlığı için risk oluşturmaktadır. Mikotoksinler

için toksisitesi, risk değerlendirmesi ve tespit yöntemleri konusunda devam eden araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu bağlamda, iyileştirilmiş tanıma bileşenlerinin, analitik yöntemlerin ve teşhis kitlerinin geliştirilmesi, sürekli değişen mikotoksin zorlukları arasında gıda güvenliğini sağlamada önemli bir rol oynayabilir.

Gıdalardaki fungus kontaminasyonunun azaltılması, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik detoksifikasyon yöntemlerini içeren entegre bir yaklaşımın uygulanmasını gerektirir. Ayrıca, yeni fungus türlerinin ortaya çıkması, soğuk atmosferik plazma (cold atmospheric plasma/CAP) teknolojisi, polifenolik inhibitörler, manyetik malzemeler, nanopartiküller ve doğal uçucu yağlar (natural essential oil/NEO) gibi son teknoloji teknikler üzerine bilimsel araştırmaları teşvik etmiştir. Manyetik malzemeler ve nanopartiküller, mikotoksinlerin adsorpsiyonu için umut verici bir potansiyele sahiptir. Ancak, gıda, tarım ve hayvancılık endstrierinde güvenli ve verimli bir şekilde uygulanmalarını sağlamak için ek araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu alanlarda devam eden araştırma ve geliştirme, mücadele yöntemlerin etkinliğini etkileyen faktörleri anlamaya odaklanmanın yanı sıra, mikotoksin risklerini azaltmak, gıda güvenliğini sağlamak ve tüketicici sağlığını korumak için çok önemlidir.

Kaynaklar

- Abd-Elghany, S. M., & Sallam, K. I. (2015). Rapid determination of total aflatoxins and ochratoxins A in meat products by immuno-affinity fluorimetry. *Food chemistry*, 179, 253-256.
- Aboagye-Nuamah, F., Kwoseh, C. K., & Maier, D. E. (2021). Toxigenic mycoflora, aflatoxin and fumonisin contamination of poultry feeds in Ghana. *Toxicon*, 198, 164-170.
- Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., & Varzakas, T. (2020). Advances in occurrence, importance, and mycotoxin control strategies: Prevention and detoxification in foods. *Foods*, 9(2), 137.
- Al-Saleem, M. S., Hassan, W. H., El Sayed, Z. I., Abdel-Aal, M. M., Abdel-Mageed, W. M., Abdelsalam, E., & Abdelaziz, S. (2022). Metabolic Profiling and in vitro assessment of the biological activities of the ethyl acetate extract of *Penicillium chrysogenum* “endozoic of *Cliona* sp. Marine sponge” from the Red Sea (Egypt). *Marine Drugs*, 20(5), 326.
- Alshannaq, A., & Yu, J. H. (2017). Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. *International journal of environmental research and public health*, 14(6), 632.
- Anfossi, L., Giovannoli, C., & Baggiani, C. (2016). Mycotoxin detection. *Current opinion in biotechnology*, 37, 120-126
- Anonim, (2024). <http://services.leatherheadfood.com/eman/FactSheet.aspx?ID=79> (Erişim Tarihi: 28.11.2024)
- Awuchi, C. G., Ondari, E. N., Eseoghene, I. J., Twinomuhwezi, H., Amagwula, I. O., & Morya, S. (2021). Fungal growth and mycotoxins production: Types, toxicities, control strategies, and detoxification. *Fungal reproduction and growth*, 100207.
- Bakar, N. A., Karsani, S. A., & Alias, S. A. (2020). Fungal survival under temperature stress: A proteomic perspective. *PeerJ*, 8, e10423.
- Battilani, P., Toscano, P., Van der Fels-Klerx, H. J., Moretti, A., Camardo Leggieri, M., Brera, C., ... & Robinson, T. (2016). Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Scientific Reports*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/srep24328>
- Calabria, D., Calabretta, M. M., Zangheri, M., Marchegiani, E., Trozzi, I., Guardigli, M., ... & Mirasoli, M. (2021). Recent advancements in enzyme-based lateral flow immunoassays. *Sensors*, 21(10), 3358.
- Chhaya, R. S., O'Brien, J., & Cummins, E. (2022). Feed to fork risk assessment of mycotoxins under climate change influences-recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 126, 126-141.
- Ciegler, A. (2020). Evolution, ecology, and mycotoxins: some musings. In *Secondary Metabolism and Differentiation in Fungi* (pp. 429-439). CRC Press.

- Ciegler, A., Kadis, S., & Ajl, S. J. (1971). Microbial toxins. Vol. VI. Fungal toxins. New York, NY: Academic Press.
- Claeys, L., Romano, C., De Ruyck, K., Wilson, H., Fervers, B., Korenjak, M., ... & Huybrechts, I. (2020). Mycotoxin exposure and human cancer risk: A systematic review of epidemiological studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1449-1464.
- Daou, R., Joubrane, K., Maroun, R. G., Khabbaz, L. R., Ismail, A., & El Khoury, A. (2021). Mycotoxins: Factors influencing production and control strategies. *AIMS Agriculture and Food*, 6(1), 416-447.
- Deng, L. Z., Tao, Y., Mujumdar, A. S., Pan, Z., Chen, C., Yang, X. H., ... & Xiao, H. W. (2020). Recent advances in non-thermal decontamination technologies for microorganisms and mycotoxins in low-moisture foods. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 104-112.
- Doğan, V., & Hayırlı, A. (2022). Efficacy of ammonization to eliminate common mycotoxins. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(10), 1982-1986.
- Dövényi-Nagy, T., Rácz, C., Molnár, K., Bakó, K., Szláma, Z., Józwiak, Á., ... & Dobos, A. C. (2020). Pre-harvest modelling and mitigation of aflatoxins in maize in a changing climatic environment—A review. *Toxins*, 12(12), 768.
- El-Sayed, R. A., Jebur, A. B., Kang, W., & El-Demerdash, F. M. (2022). An overview on the major mycotoxins in food products: Characteristics, toxicity, and analysis. *Journal of Future Foods*, 2(2), 91-102.
- Evtugyn, G., Porfireva, A., Kulikova, T., & Hianik, T. (2021). Recent achievements in electrochemical and surface plasmon resonance aptasensors for mycotoxins detection. *Chemosensors*, 9(7), 180.
- Ezrari, S., Radouane, N., Tahiri, A., Amiri, S., Lazraq, A., & Lahlali, R. (2021). Environmental effects of temperature and water potential on mycelial growth of *Neocosmospora solani* and *Fusarium* spp. causing dry root rot of citrus. *Current Microbiology*, 78(8), 3092-3103.
- Fapohunda, S. O., & Adewunmi, A. A. (2019). Climate change and mycotoxins-The African experience. *Croatian journal of food science and technology*, 11(2), 283-290.
- Foini, P., Tizzoni, M., Martini, G., Paolotti, D., & Omodei, E. (2023). On the forecastability of food insecurity. *Scientific Reports*, 13(1), 2793.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *Climate change: Unpacking the burden on food safety*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca8185en>

- Frisvad, J. C., Hubka, V., Ezekiel, C. N., Hong, S. B., Nováková, A., Chen, A. J., ... & Houbraken, J. (2019). Taxonomy of *Aspergillus* section *Flavi* and their production of aflatoxins, ochratoxins and other mycotoxins. *Studies in mycology*, 93(1), 1-63.
- Fumagalli, F., Ottoboni, M., Pinotti, L., & Cheli, F. (2021). Integrated mycotoxin management system in the feed supply chain: Innovative approaches. *Toxins*, 13(8), 572.
- Gab-Allah, M. A., Choi, K., & Kim, B. (2023). Type B Trichothecenes in cereal grains and their products: Recent advances on occurrence, toxicology, analysis and post-harvest decontamination strategies. *Toxins*, 15(2), 85.
- Gao, Z., Luo, K., Zhu, Q., Peng, J., Liu, C., Wang, X., ... & Zhang, H. (2023). The natural occurrence, toxicity mechanisms and management strategies of Fumonisin B1: A review. *Environmental Pollution*, 320, 121065.
- Gómez-Salazar, J. A., Ruiz-Hernández, K., Martínez-Miranda, M. M., & Castro-Ríos, K. (2023). Postharvest strategies for decontamination of aflatoxins in cereals. *Food Reviews International*, 39(7), 3635-3662.
- Greeff-Laubscher, M. R., Beukes, I., Marais, G. J., & Jacobs, K. (2020). Mycotoxin production by three different toxigenic fungi genera on formulated abalone feed and the effect of an aquatic environment on fumonisins. *Mycology*, 11(2), 105-117.
- Greff, B., Sáhó, A., Lakatos, E., & Varga, L. (2023). Biocontrol activity of aromatic and medicinal plants and their bioactive components against soil-borne pathogens. *Plants*, 12(4), 706.
- Grenier, B., & Applegate, T. J. (2013). Modulation of intestinal functions following mycotoxin ingestion: Meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins*, 5(2), 396-430.
- Gruber-Dorninger, C., Jenkins, T., & Schatzmayr, G. (2019). Global mycotoxin occurrence in feed: A ten-year survey. *Toxins*, 11(7), 375.
- Gu, K., Ryu, D., & Lee, H. J. (2021). Ochratoxin A and its reaction products affected by sugars during heat processing. *Food Chemistry*, 348, 129038.
- Hamad, G. M., Mehany, T., Simal-Gandara, J., Abou-Alella, S., Esua, O. J., Abdel-Wahhab, M. A., & Hafez, E. E. (2023). A review of recent innovative strategies for controlling mycotoxins in foods. *Food Control*, 144, 109350.
- Harčárová, M., Čonková, E., & Sihelská, Z. (2018). Mycobiota and mycotoxic contamination of feed cereals. *Folia Veterinaria*, 62(4), 5-11.
- Hennig-Pauka, I., Koch, F. J., Schaumberger, S., Woechtl, B., Novak, J., Sulyok, M., & Nagl, V. (2018). Current challenges in the diagnosis of zearalenone toxicosis as illustrated by a field case of hyperestrogenism in suckling piglets. *Porcine health management*, 4, 1-9.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Ismail, A. A., & Papenbrock, J. (2015). Mycotoxins: producing fungi and mechanisms of phytotoxicity. *Agriculture*, 5(3), 492-537.
- Kamle, M., Mahato, D. K., Devi, S., Lee, K. E., Kang, S. G., & Kumar, P. (2019). Fumonisin: Impact on agriculture, food, and human health and their management strategies. *Toxins*, 11(6), 328.
- Kan, C. A., & Meijer, G. A. L. (2007). The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. *Animal feed science and technology*, 133(1-2), 84-108.
- Khan, R. (2024). Mycotoxins in food: Occurrence, health implications, and control strategies-A comprehensive review. *Toxicon*, 108038.
- Khan, R., Ghazali, F. M., Mahyudin, N. A., & Samsudin, N. I. P. (2021a). Aflatoxin biosynthesis, genetic regulation, toxicity, and control strategies: A review. *Journal of Fungi*, 7(8), 606.
- Khan, R., Ghazali, F. M., Mahyudin, N. A., & Samsudin, N. I. P. (2021b). Chromatographic analysis of aflatoxigenic *Aspergillus flavus* isolated from Malaysian sweet corn. *Separations*, 8(7), 98.
- Khan, R., Mohamad Ghazali, F., Mahyudin, N. A., & Samsudin, N. I. P. (2020). Morphological characterization and determination of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* isolated from sweet corn kernels and soil in Malaysia. *Agriculture*, 10(10), 450.
- Kowalska, A., Walkiewicz, K., Koziół, P., & Muc-Wierzoń, M. (2017). Aflatoxins: characteristics and impact on human health. *Advances in Hygiene and Experimental Medicine*, 71, 315-327.
- Kumar, P., Mahato, D. K., Kamle, M., Mohanta, T. K., & Kang, S. G. (2017). Aflatoxins: A global concern for food safety, human health and their management. *Frontiers in microbiology*, 7, 2170.
- Latunde-Dada, G. O. (2017). Ferroptosis: role of lipid peroxidation, iron and ferritinophagy. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1861(8), 1893-1900.
- Liu, D., Ge, L., Wang, Q., Su, J., Chen, X., Wang, C., & Huang, K. (2020). Low-level contamination of deoxynivalenol: A threat from environmental toxins to porcine epidemic diarrhea virus infection. *Environment International*, 143, 105949.

- Liu, L., Xie, M., & Wei, D. (2022a). Biological detoxification of mycotoxins: Current status and future advances. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1064.
- Liu, M., Zhao, L., Gong, G., Zhang, L., Shi, L., Dai, J., ... & Sun, L. (2022b). Invited review: Remediation strategies for mycotoxin control in feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 19.
- Locatelli, S., Scarpino, V., Lanzasova, C., Romano, E., & Reyneri, A. (2022). Multi-mycotoxin long-term monitoring survey on North-italian maize over an 11-year period (2011–2021): The co-occurrence of regulated, masked and emerging mycotoxins and fungal metabolites. *Toxins*, 14(8), 520.
- Loh, Z. H., Ouwerkerk, D., Klieve, A. V., Hungerford, N. L., & Fletcher, M. T. (2020). Toxin degradation by rumen microorganisms: a review. *Toxins*, 12(10), 664.
- Mahato, D. K., Pandhi, S., Kamle, M., Gupta, A., Sharma, B., Panda, B. K., ... & Kumar, P. (2022). Trichothecenes in food and feed: Occurrence, impact on human health and their detection and management strategies. *Toxicon*, 208, 62-77.
- Malir, F., Ostry, V., Pfohl-Leszkowicz, A., Malir, J., & Toman, J. (2016). Ochratoxin A: 50 years of research. *Toxins*, 8(7), 191.
- Marc, R. A. (2022). Implications of mycotoxins in food safety. In *Mycotoxins and food safety-recent advances*. IntechOpen.
- Marin, S., Ramos, A. J., Cano-Sancho, G., & Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and chemical toxicology*, 60, 218-237.
- Mavrommatis, A., Giamouri, E., Tavrizelou, S., Zacharioudaki, M., Danezis, G., Simitzis, P. E., ... & Feggeros, K. (2021). Impact of mycotoxins on animals' oxidative status. *Antioxidants*, 10(2), 214.
- McCormick, S. P., Stanley, A. M., Stover, N. A., & Alexander, N. J. (2011). Trichothecenes: from simple to complex mycotoxins. *Toxins*, 3(7), 802-814.
- McIlwaine, K., Law, C. J., Lemon, K., Grant, I. R., & Smyth, V. J. (2021). A review of the emerging white chick hatchery disease. *Viruses*, 13(12), 2435.
- Medina, A., Akbar, A., Baazeem, A., Rodriguez, A., & Magan, N. (2017). Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough?. *Fungal biology reviews*, 31(3), 143-154.
- Medina, A., Rodriguez, A., & Magan, N. (2014). Effect of climate change on *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 production. *Frontiers in microbiology*, 5, 348.
- Mesterházy, Á., Oláh, J., & Popp, J. (2020). Losses in the grain supply chain: Causes and solutions. *Sustainability*, 12(6), 2342.
- Mir, S. A., Dar, B. N., Shah, M. A., Sofi, S. A., Hamdani, A. M., Oliveira, C. A., ... & Sant'Ana, A. S. (2021). Application of new technologies in decontamination of

- mycotoxins in cereal grains: Challenges, and perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, 148, 111976.
- Montanari, C., Bargossi, E., Gardini, A., Lanciotti, R., Magnani, R., Gardini, F., & Tabanelli, G. (2016). Correlation between volatile profiles of Italian fermented sausages and their size and starter culture. *Food Chemistry*, 192, 736-744.
- Moretti, A., Pascale, M., & Logrieco, A. F. (2019). Mycotoxin risks under a climate change scenario in Europe. *Trends in food science & technology*, 84, 38-40.
- Mwabulili, F., Xie, Y., Li, Q., Sun, S., Yang, Y., & Ma, W. (2023). Research progress of ochratoxin a bio-detoxification. *Toxicon*, 222, 107005.
- Nada, S., Nikola, T., Bozidar, U., Ilija, D., & Andreja, R. (2022). Prevention and practical strategies to control mycotoxins in the wheat and maize chain. *Food Control*, 136, 108855.
- Nicholson, C. F., Stephens, E. C., Kopainsky, B., Jones, A. D., Parsons, D., & Garrett, J. (2021). Food security outcomes in agricultural systems models: Current status and recommended improvements. *Agricultural Systems*, 188, 103028.
- Paterson, R. R. M., & Lima, N. (2010). How will climate change affect mycotoxins in food?. *Food research international*, 43(7), 1902-1914.
- Pautasso, M., Döring, T. F., Garbelotto, M., Pellis, L., & Jeger, M. J. (2012). Impacts of climate change on plant diseases—opinions and trends. *European journal of plant pathology*, 133, 295-313.
- Payros, D., Alassane-Kpembi, I., Pierron, A., Loiseau, N., Pinton, P., & Oswald, I. P. (2016). Toxicology of deoxynivalenol and its acetylated and modified forms. *Archives of toxicology*, 90, 2931-2957.
- Peng, W. X., Marchal, J. L. M., & Van der Poel, A. F. B. (2018). Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed manufacturing. *Animal Feed Science and Technology*, 237, 129-153.
- Pereira, C. S., Cunha, S. C., & Fernandes, J. O. (2019). Prevalent mycotoxins in animal feed: occurrence and analytical methods. *Toxins* 11 (5): 290. *Go to original source*.
- Perrone, G., Ferrara, M., Medina, A., Pascale, M., & Magan, N. (2020). Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change scenario: Ecology, genomics, distribution, prediction and prevention of the risk. *Microorganisms*, 8(10), 1496.
- Pickova, D., Ostry, V., & Malir, F. (2021). A recent overview of producers and important dietary sources of aflatoxins. *Toxins*, 13(3), 186.
- Pietsch, C. (2020). Risk assessment for mycotoxin contamination in fish feeds in Europe. *Mycotoxin research*, 36(1), 41-62.
- Pleadin, J., Frece, J., & Markov, K. (2019). Mycotoxins in food and feed. *Advances in food and nutrition research*, 89, 297-345.

- Rai, A., Das, M., & Tripathi, A. (2020). Occurrence and toxicity of a fusarium mycotoxin, zearalenone. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(16), 2710-2729.
- Rašić, D., Želježić, D., Kopjar, N., Kifer, D., Klarić, M. Š., & Peraica, M. (2019). DNA damage in rat kidneys and liver upon subchronic exposure to single and combined ochratoxin A and citrinin. *World mycotoxin journal*, 12(2), 163-172.
- Reddy, K. R. N., Salleh, B., Saad, B., Abbas, H. K., Abel, C. A., & Shier, W. T. (2010). An overview of mycotoxin contamination in foods and its implications for human health. *Toxin reviews*, 29(1), 3-26.
- Rico-Yuste, A., Abouhany, R., Urraca, J. L., Descalzo, A. B., Orellana, G., & Moreno-Bondi, M. C. (2021). Eu (III)-Templated molecularly imprinted polymer used as a luminescent sensor for the determination of tenuazonic acid mycotoxin in food samples. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 329, 129256.
- Ritieni, A. (2003). Patulin in Italian commercial apple products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(20), 6086-6090.
- Sanaldi, K., & Coban, A. Y. (2023). Detoxification of aflatoxin M1 in different milk types using probiotics. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 95(suppl 1), e20220794.
- Schelstraete, W., Devreese, M., & Croubels, S. (2020). Comparative toxicokinetics of Fusarium mycotoxins in pigs and humans. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111140.
- Scott, P. M., Lawrence, J. W., & Van Walbeek, W. (1970). Detection of mycotoxins by thin-layer chromatography: application to screening of fungal extracts. *Applied Microbiology*, 20(5), 839-842.
- Shephard, G. S. (2008). Impact of mycotoxins on human health in developing countries. *Food Additives and contaminants*, 25(2), 146-151.
- Shephard, G. S. (2016). Current status of mycotoxin analysis: a critical review. *Journal of AOAC International*, 99(4), 842-848.
- Stoev, S. D. (2013). Food safety and increasing hazard of mycotoxin occurrence in foods and feeds. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(9), 887-901.
- Stoev, S. D. (2015). Foodborne mycotoxicoses, risk assessment and underestimated hazard of masked mycotoxins and joint mycotoxin effects or interaction. *Environmental toxicology and pharmacology*, 39(2), 794-809.
- Sulyok, M., Stadler, D., Steiner, D., & Krska, R. (2020). Validation of an LC-MS/MS-based dilute-and-shoot approach for the quantification of > 500 mycotoxins and other secondary metabolites in food crops: Challenges and solutions. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 412, 2607-2620.
- Sun, J., Li, M., Xing, F., Wang, H., Zhang, Y., & Sun, X. (2022). Novel dual immuno-chromatographic test strip based on double antibodies and biotin-streptavidin

- system for simultaneous sensitive detection of aflatoxin M1 and ochratoxin A in milk. *Food Chemistry*, 375, 131682.
- Sun, L., Li, R., Tai, B., Hussain, S., Wang, G., Liu, X., & Xing, F. (2023). Current status of major mycotoxins contamination in food and feed in Asia— a review. *ACS Food Science & Technology*, 3(2), 231-244.
- Tiwari, S., Singh, B. K., & Dubey, N. K. (2023). Aflatoxins in food systems: recent advances in toxicology, biosynthesis, regulation and mitigation through green nanoformulations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(4), 1621-1630.
- Tomaszewska, E., Rudyk, H., Wojtysiak, D., Donaldson, J., Muszyński, S., Arciszewski, M. B., ... & Dobrowolski, P. (2022). Basal blood morphology, serum biochemistry, and the liver and muscle structure of weaned Wistar rats prenatally exposed to fumonisins. *Animals*, 12(18), 2353.
- Trucksess, M. W., & Pohland, A. E. (Eds.). (2008). *Mycotoxin protocols* (Vol. 157). Springer Science & Business Media.
- Umereweneza, D., Kamizikunze, T., & Muhizi, T. (2018). Assessment of mycotoxins types in some foodstuff consumed in Rwanda. *Food Control*, 85, 432-436.
- Urusov, A. E., Petrakova, A. V., Vozniak, M. V., Zherdev, A. V., & Dzantiev, B. B. (2014). Rapid immunoenzyme assay of aflatoxin B1 using magnetic nanoparticles. *Sensors*, 14(11), 21843-21857.
- Van der Fels-Klerx, H. J., Liu, C., & Battilani, P. (2016). Modelling climate change impacts on mycotoxin contamination. *World Mycotoxin Journal*, 9(5), 717-726.
- Vaughan, M., Backhouse, D., & Ponte, E. D. (2016). Climate change impacts on the ecology of *Fusarium graminearum* species complex and susceptibility of wheat to *Fusarium* head blight: A review. *World Mycotoxin Journal*, 9(5), 685-700.
- Velásquez, A. C., Castroverde, C. D. M., & He, S. Y. (2018). Plant–pathogen warfare under changing climate conditions. *Current biology*, 28(10), R619-R634.
- Xu, R. (2023). *In Vitro Toxicity Assessment of Mycotoxins Using Bovine Mammary Epithelial Cells and Their Remediation Using Yeast Cell Wall-Based Adsorbents* (Doctoral dissertation, University of Guelph).
- Xu, S., Zhang, G., Fang, B., Xiong, Q., Duan, H., & Lai, W. (2019). Lateral flow immunoassay based on polydopamine-coated gold nanoparticles for the sensitive detection of zearalenone in maize. *ACS applied materials & interfaces*, 11(34), 31283-31290.
- Yin, M., Hu, X., Sun, Y., Xing, Y., Xing, G., Wang, Y., ... & Zhang, G. (2020). Broad-spectrum detection of zearanol and its analogues by a colloidal gold-based lateral flow immunochromatographic assay in milk. *Food chemistry*, 321, 126697.

- Zhang, Z. H., Wang, L. H., Zeng, X. A., Han, Z., & Brennan, C. S. (2019). Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(1), 1-13.
- Zhao, W. W., Xu, J. J., & Chen, H. Y. (2018). Photoelectrochemical immunoassays. *Analytical chemistry*, 90(1), 615-627.
- Zhou, H., George, S., Hay, C., Lee, J., Qian, H., & Sun, X. (2017). Individual and combined effects of aflatoxin B1, deoxynivalenol and zearalenone on HepG2 and RAW 264.7 cell lines. *Food and chemical Toxicology*, 103, 18-27.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713523006357>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958166915001548#bib0305>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004101012400610X>
- [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)04392-5](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)04392-5)
- <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02652030701765723>
- <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.13323>
- <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/15569541003598553#d1e170>



BÖLÜM 8

Yapay Açıklıklı Radar(Sar) Sistemleri ve Tarımsal Ürün İzlemede Kullanımı

Namık Kemal Sönmez¹

¹ Akdeniz Üniversitesi, Orcid: 0000-0001-6882-0599

1.Giriş

Uzaktan algılama objelere fiziksel değinimde bulunmaksızın objeler hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı şeklinde tanımlanmaktadır. Aktif ve pasif uzaktan algılama olarak ayrılan bu bilim dalında farklı özelliklere sahip uydular, farklı tarımsal üretim modellerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Söz konusu bu çalışmalar çoğunlukla tek yıllık üretim ortamlarında gerçekleştirilmekte ve pasif uzaktan algılama teknikleri kullanılmaktadır. Elektromanyetik spektrumun optik dalga boyu bölgesinde tarımsal ürünlerde gerçekleştirilen bu çalışmalar ile bitki sağlığı ve gelişim durumları ile ilgili olarak önemli veriler elde edilebilmektedir. Tarımsal çalışmalarda aktif uzaktan algılama teknolojisi kullanımı ise son yıllarda popülerliğini gittikçe artırmaktadır. Aktif algılayıcı sistemler olarak adlandırılan Radar (Radio Detection and Ranging) sistemleri, yeryüzüne gönderdiği mikrodalga elektromanyetik ışıını atımlarının yeryüzü objelerine rastlayarak saçılması ve bunların kayıt edilmesi prensibi ile çalışmaktadır. Bu sistem ilk olarak 1950'li yıllarda geliştirilmiş olup, ilk havadan algılayıcı sistem SLAR (Side-Looking Airborne Radar- Yanal Gözleyen Radar) olarak adlandırılarak askeri amaçlar için kullanılmıştır. Ancak bu sistemlerin çözünürlüğü antenin fiziksel boyutu ile sınırlı olduğu için çok kullanışlı olmamış daha sonra SAR (Yapay Açıklıklı Radar) sistemleri geliştirilerek, hem askeri ve hem de sivil amaçlar için kullanılmıştır. Radar sistemleri ile spektrumun mikrodalga bölgesine ait ışıını uydu aracılığıyla yeryüzüne gönderilir. Bu ışıını yeryüzü ile temas eder ve sonrasında geri döner. Geri dönen ışıının karakteri ve yapısı farklıdır. Dolayısıyla elde edilen görüntü de optik görüntüyle kıyaslandığında farklı yapıdadır, görüntünün anlamlandırılması ve işlenmesi de optik görüntülere göre daha detaylıdır. Bunların sonucu olarak gerek Ülkemizde ve gerekse dünyada ele alınabilecek oldukça fazla SAR konuları bulunmaktadır. Bu derleme çalışmasında SAR verilerinin teknik özelliklerine değinilmiş ve bu teknolojinin tarımsal ürünlerde kullanımı hakkında literatüre dayalı örnekler verilmiştir.

2.Yapay Açıklıklı Radar Verisi (SAR) Özellikleri

Radar görüntüleme sistemleri aktif uzaktan algılanmış olan sistemlerdir. Bu sistemler dalga boyu aralığı 3 cm den 69 cm e kadar olan mikrodalga elektromanyetik ışıını yayınlılar. X,C, L ve P sembolleri ile gösterilen bandlar ile ifade edilirler ve yeryüzü objelerinden doğrudan veya dolaylı yansıyan sinyali kayıt ederler. Bu sistemler içerisinde önemli bir yere sahip olan SAR görüntüleme sistemleri, aslında bir darbe radarıdır. SAR sistemleri uçak veya uydu platformları üzerinde taşınırlar ve her bir hedeften yansıyan ve farklı yönlerde saçılan sinyalleri tutarlı bir biçimde kayıt ederler. Kayıt edilen birçok sinyalin hedefi en iyi ifade edebilmesi için sinyal işleme uygulanır. Bu sistem ile yüksek çözünürlüklü

radar verisi elde etmek için gerekli olan uzun anten yapay olarak elde edilir (Lee ve Pottier 2009).

Radar sistemleri içerisinde yer alan ve yüksek çözünürlükte görüntü elde etmeye yarayan bu sistemin çalışma prensibi aşağıda kısaca açıklanmıştır.

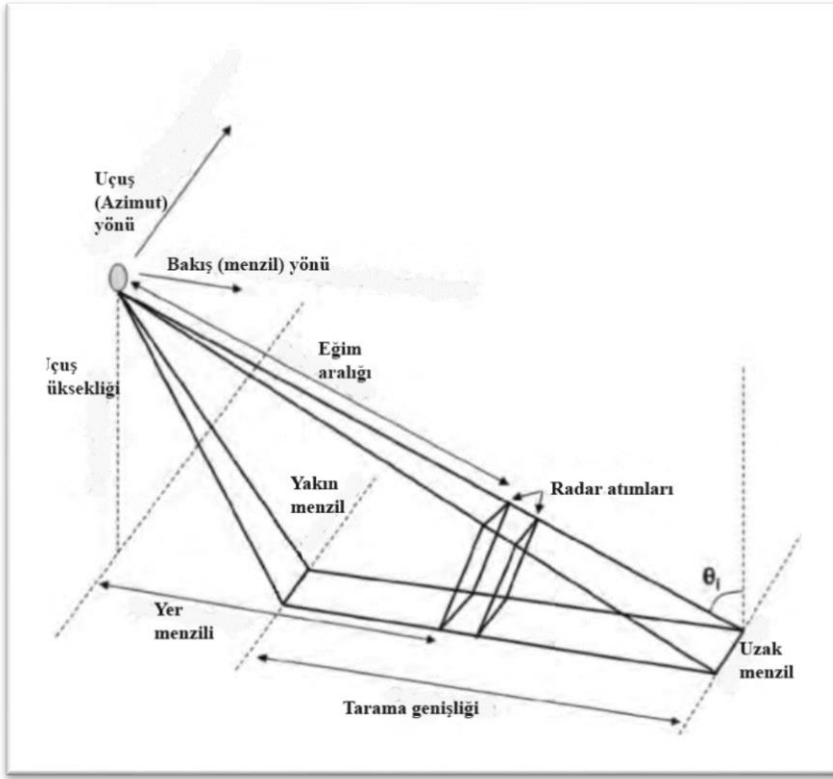
2.1.Yanal Gözleyen Radar Görüntüleme Özellikleri

SAR sistemleri yanal gözleyen bir geometride çalışırlar, bu durumda anten gidiş yönüne dik yönde alım yaparlar (Şekil 1). Başka bir deyişle radar uçuş doğrultusunda hareket eder ve uçuş doğrultusuna dik yönde alım yapar. Uydu hareket ettikçe, anten ‘atım tekrar frekansı’ (PRF) olarak adlandırılan bir oranda kısa atımları yayar. SAR bu atımların yeryüzü yüzeyindeki cisimlerden saçılarak geri dönen yansımalarını saptar ve bu ölçümler görüntünün oluşturulmasını sağlar. SAR görüntüsü aslında birçok yerden Doppler kaymasına dayalı yansıyan ışınının katkısıyla yapaylaştırdığı geniş anten açıklığının oluşturulmasıdır. Radar antenine doğru geri saçılan güç, radar denklemiyle ifade edilir (Denklem 1) (Henderson and Lewis, 1998).

$$P_R = P_T (\sigma^0 A) \left(\frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \right)$$

P_R : Geri saçılan güç, P_T : Hedefe doğru iletilen güç, G : Anten kazancı, R : Vericiden hedefe olan mesafe, σ^0 : Radar saçılma katsayısı, λ : Radar sisteminin dalga boyu, A : Yerde bir alan

(1)



Şekil 1: SAR görüntüleme geometrisinin şematik gösterimi. Geliş açısı θ_i ile gösterilmiştir (Viergever, 2008).

2.2. Gerisaçılma Katsayısı (σ^0)

Bir radar anteni tarafından yayılan radar sinyalinin yer üzerindeki bir hedeften yansıyarak radar antenine geri dönen bölümüne ‘geri saçılma’ denir. SAR görüntüsünün doğru geri saçılma katsayısını elde etmek için (σ^0 dB), üç aşamalı görüntü işleme gereklidir. Bunlar; radyometrik kalibrasyon, spektral filtreleme ve yeryüzü düzeltmesidir.

Single look complex (SLC) görüntüler üreten tipik radar veri işleme, radyometrik düzeltmeleri içermez, dolayısıyla önemli radyometrik hatalar içerir. Bu nedenle SAR görüntülerine radyometrik düzeltme uygulanması gereklidir, bu işlem sonrasında SAR görüntülerinin piksel değerleri, radar geri saçılmasını yansıtan yüzeyi doğru olarak temsil eder. Radyometrik düzeltme ayrıca farklı algılayıcılarla veya aynı algılayıcıyla farklı zamanlarda, farklı modlarda elde edilen veya farklı programlarla işlenmiş SAR görüntülerinin birlikte kullanımı için gereklidir.

Geri saçılma, aynı çözünürlük hücresindeki çoklu saçılmaya sebep olan objeden gelen yansımadır ve yansıma radar görüntüsünde beneklerin görünmesine, benek etkisine (speckle) sebep olabilir. Benekler görüntünün kalitesini düşürür ve özelliklerin yorumlanmasını zorlaştırır. Benekler filtreleme veya çoklu-bakış (multi-look) işlemiyle azaltılabilir (Lee, 1983).

Görüntülenen bölgede topoğrafik farklılıklar ve uydu algılayıcısının eğikliğine bağlı olarak ve SAR'ın yanal gözleyen özelliğinden dolayı görüntülerde mesafeler bozulmuş olabilir. Yeryüzü düzeltmeleri bu bozulmaları telafi etmeyi amaçlamaktadır (Wang 2013).

2.3. Mekansal Çözünürlük

Radarın çözünürlüğü, menzilde veya azimutta çok yakın olan objeleri ayırabilme yeteneğidir. Çözünürlük buna göre menzil ve azimut çözünürlüğü olarak genellikle iki kategoriye ayrılır. Menzil çözünürlüğü (Gidiş yönüne dik doğrultularda yapılan alımlarda), mikrodalga atımının uzunluğuyla orantılıdır. Atım uzunluğu kısaldıkça, menzil çözünürlüğü artar.

Aşağıda yer menzil çözünürlüğü denklemi Gr (Henderson ve Lewis, 1998) verilmektedir (Denklem 2):

$$Gr = \frac{c\tau}{2 \sin \phi} \quad (2)$$

c = ışık hızı, τ = atım uzunluğu, ϕ = bakış açısı

Yapay açıklıklı radarda bir nokta hedefi için optimal azimut veya gidiş yönünde yapılan alımlardaki çözünürlük denklemi As aşağıda olduğu gibi hesaplanmaktadır (Denklem 3):

$$A_s = \frac{l}{2} \quad (3)$$

l = anten uzunluğu

İyi bir azimut çözünürlüğü elde etmenin sırrı, radar ışınımının her saçıcıda farklı Doppler kaymasıyla enerjisi yansıttığını teşhis etmektir. Böylece, daha iyi bir çözünürlük elde etmek için anten kısaltılır. Bu, SAR'ın kendine has bir özelliğidir, burada normal anten veya lens prensiplerinin tersi geçerlidir. Bilindiği gibi normalde uzun anten veya daha geniş lens açıklığıyla çözünürlük iyileşir. Bununla birlikte, eğer bir radar anteni çok kısa yapılırsa veya menzil atımı çok uzun ayarlanırsa, görüntünün sinyal-gürültü oranı kabul edilebilir limitin altına düşebilir (Cumming ve Wong, 2005).

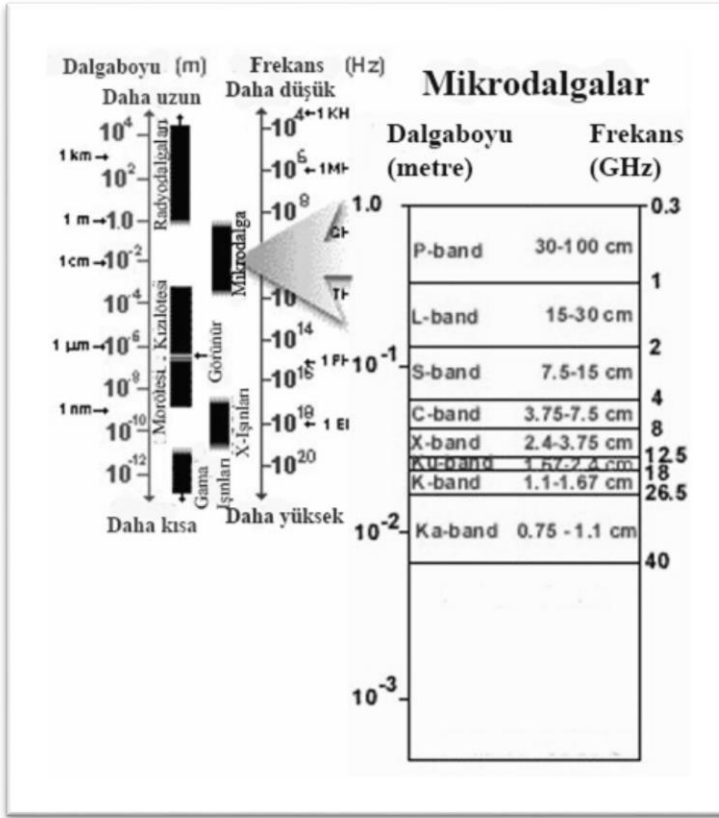
2.4. Radar Saçılımının Fiziği

Bu bölümde elektromagnetik dalganın doğal çevre ile etkileşimine odaklanılmıştır. Görüntü temelinde biyofiziksel veya jeofiziksel parametrelerin tahmin edilmesinin yanı sıra herhangi bir radar görüntüsünün yorumlanması, etkileşimlerin ayrıntılı olarak anlaşılmasını gerektirir. Anten tarafından alınan saçılma miktarı birçok etmene bağlıdır. Bu etmenler, sinyalin dalga boyu (frekansı), polarizasyonu, geliş açısı, yeryüzünde algılanan yerin nem içeriği (dielektrik katsayısı) ve yüzey pürüzlülüğü şeklinde sıralanmaktadır.

2.5. Dalgaboyu/Frekans

Radar uzaktan algılamada yaygın olarak kullanılan birçok dalgaboyu aralığı ve frekans bantları vardır (Henderson ve Lewis, 1998), (Şekil 2):

- Ka (0.75 - 1.18 cm), K (1.18 - 1.67 cm), Ku (1.67 - 2.40 cm) bantları
- X-band (2.40 - 3.75 cm) (TerraSAR-X and COSMO-SkyMed)
- C-band (3.75 - 7.5 cm): birçok uydu sisteminde kullanılır (Sentinel 1, ERS-1 and 2, ASAR ENVISAT ve RADARSAT)
- S-band (7.5 - 15 cm) (Huanjing-1C)
- L-band (15 - 30 cm): Japon JERS-1, ALOS (PALSAR) uyduları
- P-band (77 - 136 cm) (şu anda çoğunlukla uçak üzerinde taşınan algılayıcılarda)



Şekil 2: Elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesi (Wang, 2013).

Gelen ışınının frekansı başlıca saçılma mekanizmasını tanımlar. Bunun geçirim derinliğine etkisi vardır ve yüzey pürüzlülüğünün görüntülenmesinin dereceleri bununla değişir. Geçirim derinliği uzun dalga boylarında daha yüksektir, bu ayrıca hedefin nem içeriğiyle bağlantılıdır.

2.6. Polarizasyon

Mikrodalga polarizasyonu, elektrik alanın yayılım yönüne dik düzlemdeki oryantasyonunu belirtir. Çoğu radar mikrodalga ışınımını yatay polarize (H) veya dikey polarize (V) iletmek için tasarlanmıştır. Benzer şekilde anten, geri saçılan enerjiyi yatay ya da dikey olarak polarize edilmiş olarak alır.

Böylece, aşağıda gösterildiği gibi, iletilen ve alınan polarizasyonların dört kombinasyonu olabilir.

- HH – Yatay iletim ve yatay alım
- VV – Düşey iletim ve düşey alım

- HV – Yatay iletim ve düşey alım
- VH – Düşey iletim ve yatay alım

İlk iki polarizasyon kombinasyonuna “benzer polarize” denir, çünkü iletilen ve alınan polarizasyonlar aynıdır. Son iki kombinasyon “çapraz polarize” olarak adlandırılır çünkü iletilen ve alınan polarizasyonlar birbirine diktir.

2.7. Geliş Açısı

Geliş açısı, gelen ışının yönü ile görüntülen yüzeye dik olan doğrultu arasındaki açıdır. Bu, yakın mesafeden uzak mesafeye tarama şeridi boyunca artar. Birçok doğal hedef için, geri saçılma katsayısı, geliş açısına göre değişir (Dallmann vd. 1993).

Yüzey geometrisi ile bunun hedef etkileşimi ve görüntünün ortaya çıkması ile ilişkili olarak yerel geliş açısı daha uygun bir kavramdır. Yerel geliş açısı, radar ışınımı ile görüntülen yüzeyin eğimine dik olan bir doğru arasında, geliş noktasındaki açıdır (Şekil 1) Bu nedenle yerel geliş açısı, arazinin yerel eğimi ile bağlantılıdır.

2.8. Yüzey pürüzlülüğünün özellikleri

Radar geri saçılmasında yüzey pürüzlülüğünün etkisi dalga boyuna olduğu gibi görüş açısına da bağlıdır. Rayleigh kriterine göre bir yüzey (Denklem 4) (Henderson ve Lewis 1998):

- Pürüzlüdür eğer:

$$h_{rms} > \frac{\lambda}{8 \cos \phi} \text{ ise} \quad (4)$$

h_{rms} : Ortalama yükseklik değişimleri, λ : Radar dalga boyu, ϕ : Görüş (look) açısı (antenin yere göre düşeyi ile geliş noktasında iletilen ışınım arasındaki açı olarak tanımlanır)

Daha kısa dalgaboyu (X ve C bandı) daha büyük geliş açısında kullanıldığında, yüzey pürüzlü olarak kabul edilir. Oysa dik geliş açılarında, daha uzun dalga boylarında (Örneğin L bandı) pürüzsüz olma eğilimindedir. Denklem 4’e göre, geliş açısı 45° olduğunda, L ($\lambda = 23.62$ cm), C ($\lambda = 5.6$ cm) ve X ($\lambda = 3$ cm) bandlarında altimetrik değişimler sırasıyla 4.2 cm, 1 cm ve 0.5 cm olmak üzere maksimuma çıkar. Sonuç olarak, neredeyse tüm doğal yüzeyler X ve C bandlarında pürüzlü olarak görünür.

2.9. Toprağın nem içeriği

Dielektrik sabiti yüzey cisimlerinin elektriksel özelliklerinin bir ölçümüdür. İki kısımdan oluşur (geçirgenlik ve iletkenlik) ve bunların her ikisi de cismin nem içeriği ile yakından ilgilidir (Dallemand vd. 1993). Suyun çok yüksek geçirgenliği vardır ve sonuç olarak toprak ve otlardaki nem içeriği doğal cisimlerin elektriksel özelliklerinde önemli bir değişiklik yaratır. Elektriksel özelliklerin değişimleri, mikrodalga enerjisinin yayınlanmasını, iletimini ve yansımalarını etkiler. Bu nedenle nem içeriği, bitkilerin ve toprağın radardan nasıl enerji yansıttığını ve görüntüde nasıl görüldüğünü etkiler (Schmullius ve Furrer 1992; Major vd. 1994; Dubois vd. 1995; Moreau ve Le Toan, 2003).

Nemli topraklar kuru topraklara göre daha yüksek dielektrik katsayısına sahip olmalarından dolayı daha fazla radar enerjisi yansıtırlar. Meralar için ıslak toprak ve suya doymuş toprak daha fazla radar enerjisi yansıtır ayrıca bitki örtüsü-toprak etkileşimi baskın saçılma mekanizmaları olma eğilimindedir ve daha güçlü ve parlak dönüşümü olur. Örneğin, Moreau ve Le Toan 2003'a göre ERS VV geri yansıması, sulak alanlardaki sazların ve otlakların biyokütlesine duyarlıdır ve bu duyarlılık yüksek oranda altında bulunan su yüzeyi veya suya doymuş toprakla ilişkilidir.

Uçak üstünde taşınan algılayıcı kullanılarak elde edilen SAR verisi ile yapılan bir çalışmada, mera örtüsünün çeşitlerinin ayırdedilmesinde nem içeriğinin en önemli değişken olduğu bulunmuştur (Hill vd. 1999).

Özet olarak SAR bulut örtüsünden içeriye geçirir ve uyduya geri yansıyan enerjinin doğası; dalgaboyu, polarizasyon ve geliş açısı gibi parametreler ile hedefin dielektrik katsayısı ile yüzey özelliklerine bağlıdır. Cismin ve algılayıcının tüm bu parametreleri, radar yansımalarının yorumlanması için göz önüne alınmalıdır (Wang 2013).

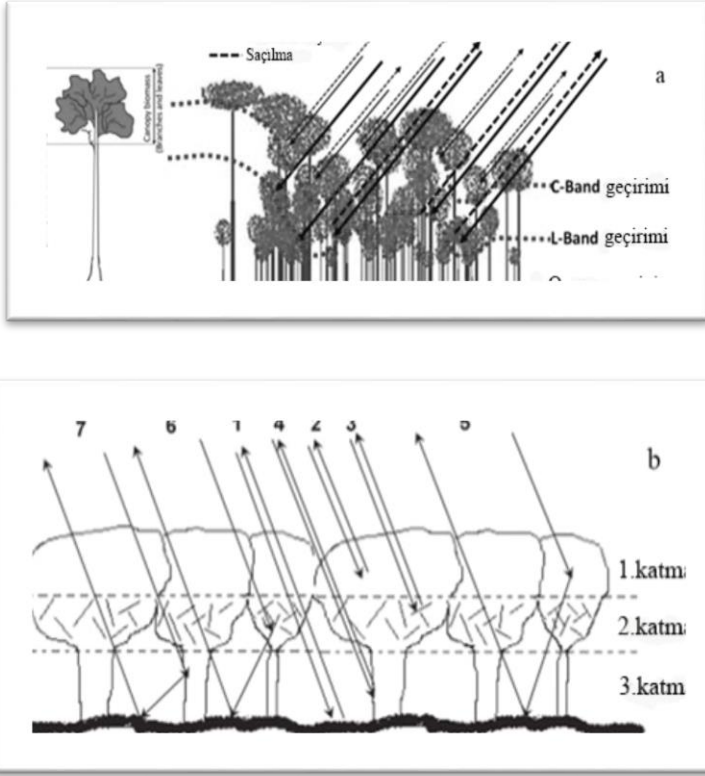
3.Yapay Açıklıklı Radar (SAR)'ın Bitki İle Etkileşimleri

SAR sistemlerinden başta orman ağaçları olmak üzere, bitkilerin yapısal parametrelerinin niteliklerini belirlemek ve özellikle biyokütleyi tahmin etmek için oldukça geniş çapta faydalanılmaktadır (Ranson and Sun, 1994; Baltzer, 2001). Uzun dalgaboylu radar verileri, ağaç örtüsünden (kanopi) içeri ışınım geçirirler ve bu sayede ağaç veya bitki kanopisinin altındaki bilgilerin de elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Böylelikle bitkiye ait, dallar, yapraklar ve gövde yapısı gibi parametreler tespit edilerek, bitkilerin dentrometrik bileşenlerin daha sağlıklı kestirimine olanak tanınmış olur (Toan et al. 2004). Nitekim bitkilerin hacim,

şekil ve yoğunluk özelliklerini tanımlayan dentrometrik yapıları, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi hakkında önemli bilgiler sağlar.

Mikrodalga ışıınının bitki örtüsü ile etkileşimi büyük oranda yayımlanan dalga boyu ile ilişkilidir. Ayrıca toprak neminin yanısıra, geri dönen sinyal bitki örtüsünün nemine, yoğunluğuna ve geometrik yapısına da bağlıdır (Kaasalainen, vd. 2015).

Radar verilerinin bitki ile etkileşimleri açısından dalga boyu, sistemin işleyiş frekansı ile ters orantılıdır. Daha önce ayrıntılı olarak bahsedildiği gibi, radar verilerinin dalga boyu temel olarak X banttan (~ 3 cm), C (~ 6 cm), S (~ 15 cm), L (~ 24 cm), P bandına (~ 69 cm) kadar çeşitlilik gösterir ve dalga boyu ne kadar büyürse bitki örtüsünden o kadar fazla içeriye geçerir (Şekil 3.a) (Kaasalainen, vd. 2015).



Şekil 3: a) C ve L bandlarına ait dalgaboyunun ağaç örtüsüne geçirimi; **b)** Ağaç örtü geometrisi ve saçılma bileşenleri: 1, toprak yüzeyinden saçılma; 2, yaprak hacim saçılması; 3, dal hacim saçılması (branch volume scattering); 4, gövde hacim saçılması; 5, yaprak-toprak etkileşimi; 6, dal-toprak etkileşimi; 7, gövde-toprak etkileşimi (Wang ve Qui 2008).

SAR sistem parametreleri ve objelerin özellikleri, geri saçılma mekanizmalarını önemli oranda etkiler. Bunlar: tek sıçrama (tam yansıma), çift sıçrama (bitişik düz yüzeyler) veya hacimsel (homojen olmayan ağaç örtüsü ve gövdeler) olarak gerçekleşir (Joshi vd. 2015). Böylece geri saçılan sinyal, bitki örtüsünün her kısmına ve toprağa rastladığında farklı yapıda kaydedilir (Şekil 3.b). Bu da ağaç yapısı ile ilgili çalışmalar için belirleyicidir.

Her çeşit bitkinin, SAR mikrodalgalarıyla farklı etkileşimde bulunduğu özel bir yapısı vardır. Bunu göz önünde bulundurmak, ağaç yapısının büyüme aşamalarını tesbit ederken oldukça önemlidir. Polarizasyonun bitkiden geri saçılan sinyal üzerinde çok büyük etkisi vardır (Souza vd. 2019). Geri saçılma fazıyla ilgili ek bir bilgi mevcutsa, polarimetrik geri alımın büyüklüğü, objelerin saçılma mekanizmalarının özelliği hakkında da bilgi verecektir (Garcia vd. 2007).

4.Yapay Açıklıklı Radar (SAR) Verilerinde Görüntü Füzyonu Tekniği

Görüntü füzyonu, farklı görüntü kaynaklarından elde edilen verileri birleştirerek geliştirilmiş bir görüntü oluşturma işlemidir. Farklı görüntülerin bir araya getirilmesiyle, daha yüksek mekânsal çözünürlük ve zengin renk bilgisi elde edilebilmektedir. Uzaktan algılamada görüntü füzyonunun tanımı hakkında en kapsamlı araştırma, Wald (1999) tarafından yapılmıştır. Ayrıca, konuyu birçok tanımdan daha iyi ifade ettiği kendi tanımını oluşturmuştur. Wald (1999)’a göre, “Veri füzyonu, farklı kaynaklardan gelen verilerin birliğini oluşturan araçlar yardımıyla usule uygun olarak oluşturulan bir yapıdır. Bilginin daha yüksek kalitede elde edilmesini amaçlar; bu kapsamda daha iyi kalitenin gerçek tanımı ise her uygulama için farklıdır.” Bu tanım, kapsayıcı, geniş bir çerçevede ele alındığında kesinlikle çok iyi olsa da Wald’dan önceki ve sonraki çalışmalarda birçok tanım yayınlanmıştır (Schmitt vd. 2016).

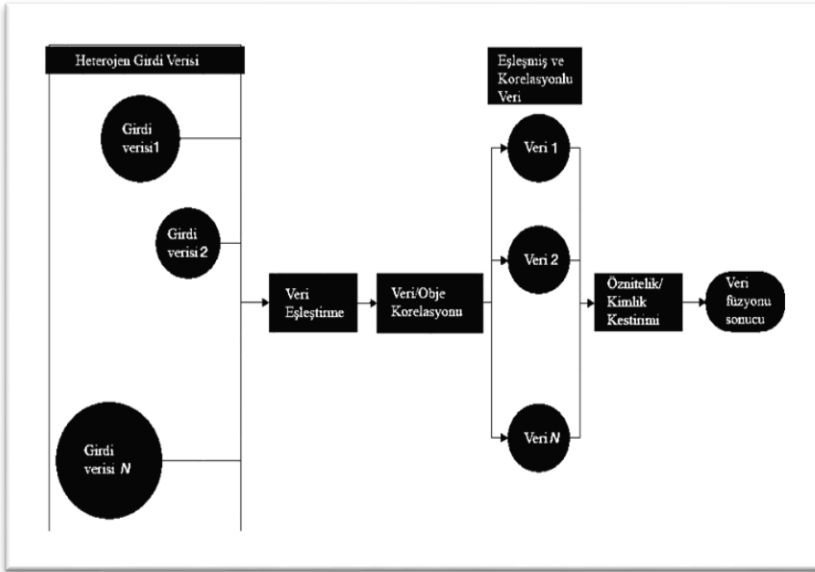
Dünya gözlem uyduları aracılığı ile çok algılayıcı, çok zamanlı, çok çözünürlüklü ve çok frekanslı görüntülerin elde edilebilmesi mümkündür. Böylelikle dijital görüntü verilerinde kolaylıkla görüntü füzyonu çalışmaları yapılabilir. Nitekim görüntü füzyonu günümüzde uzaktan algılama verilerinin değerlendirilmesinde önemli bir araç haline gelmiştir. Dijital görüntü füzyonu nispeten yeni bir araştırma konusu olmakla birlikte uzaktan algılamada hızlı gelişen bir alandır (Pohl ve Van Genderen 1993).

Görüntü füzyonunun amacı, her bir algılayıcıdan elde edilen tek bir veriden ziyade, farklı verilerin entegrasyonu ile daha fazla bilginin üretilmesidir. Radar çalışmalarında, görünür/kızılötesi bölgeye duyarlı (VIR) algılayıcılar ve SAR tarafından elde edilen verilerin birleştirilmesi, görüntü füzyonuna iyi bir örnektir.

Bilindiği üzere, VIR görüntülerinde bulunan bilgi, güneş ışığı ile aydınlanan hedefin çok spektrumlu yansıtıcılığına bağlıdır. SAR görüntü yoğunlukları ise, aydınlatılan yüzey hedefinin karakteristiğine olduğu gibi sinyalin kendi özelliğine de bağlıdır. Bu birbirinden tamamen farklı verilerin füzyonu sayesinde, gözlemlenen cisimlerin anlaşılmasına oldukça katkı sağlanabilmektedir.

Görüntü füzyonunun incelenmesi gereken birçok yönü vardır. Bu işlem gerçekleştirilmeden önce kullanıcı tarafından bazı soruların cevaplandırılması gerekmektedir (Pohl ve Genderen 1993). Bu sorular; Kullanıcının amacı/uygulama konusu nedir, ihtiyacı karşılamak için en faydalı veri çeşidi hangisidir, belli bir uygulama gerçekleştirmek amacıyla kullanılacak verilerin füzyonu için ‘en iyi’ teknik hangisidir, gerekli ön-işleme adımları nelerdir ve hangi veri kombinasyonu en başarılıdır şeklindedir.

Veri füzyonu işleminin modellenmesi aşamasında, esas olarak obje düzeltme aşaması önemlidir ve aşağıdaki işlemlerden meydana gelmektedir (Şekil 4). Şekilden de görüleceği üzere işlem basamakları, veri hizalama, veri/obje korelasyonu, öznetelik ve özellik kestirimi aşamalarını kapsamaktadır.



Şekil 4. Veri füzyonu modeli (Pohl ve Genderen 1993).

Söz konusu bu dört aşama heterojen girdi verisi ve eşleşmiş korelasyonlu veri olmak üzere iki ana mekanizma içerisinde özetlenebilmektedir. Veri hizalama ile veri/obje korelasyonu işlemleri, uzaktan algılamada genellikle görüntü eşleştirme

ve coregistrasyonu (birlikte kaydedilmesi) olarak adlandırılır. Bunların amacı, ölçümlerin birbirine ve ilgili nesneye uygun bir şekilde bağlanmasını sağlamaktır. Diğer iki aşama olan öznitelik ve özellik kestirimi, asıl füzyon adımını meydana getirmektedir. Bu da hizalanmış ve ilişkilendirilmiş görüntülerin birleşik kullanımını içermektedir.

Genel terminolojide veri eşleştirme adımı, ilgilenilen objeyi tanımlayan heterojen ölçümlerin ve gözlemlerin ortak bir sunumunu gerçekleştirmek için koordinat dönüşümü ve birim dengelemelerini kapsar. Esas olarak, veri/obje korelasyonu aşaması, ilgilenilen nesne hakkındaki çok algılayıcı ölçümü birbiriyle ilişkilendirmekle ilgilidir. Uzaktan algılamada bu iki adım, potansiyel olarak çok farklı radyometrik, geometrik ve diğer farklı özellikler gösteren farklı algılayıcı verileriyle mekânsal ve zamansal eşleştirmeyi amaçlar ve eğer gerekliyse daha sonra coregistrasyon ile işlem tamamlanır. Hizalama problemi çözüldükten ve her bir görüntü için mekânsal, zamansal ve/veya öznitelik ilişkileri oluşturulduktan sonra, tüm dönüştürülebilecek mevcut verilere bir referans sistemi tanımlanabilir. Bu dönüşüm genellikle fazladan yeniden örnekleme işlemi yapılmasını gerektirir, bu sadece mekânsal alan adı (domain) için değil, ayrıca zamansal alan için de gereklidir. Sonuç olarak, eşleştirme ve potansiyel coregistrasyonun amacı, hangi ölçümlerin aynı geomekansal nesneye ait olduğunu ve/veya farklı zamanda aynı noktada elde edildiğinin tanımlanmasıdır.

Bilindiği üzere, yeryüzü gözlem verileri havadan ve uzaydan alınan görüntüler kapsamaktadır. Bunlar, optik kameralar, şerit tarayıcılar, SAR algılayıcıları, kızılötesi veya çok spektrumlu ya da hiperspektral görüntü sağlayabilen spektrometreler şeklinde sıralanabilmektedir. Buna ek olarak, Ultraviole light detection and ranging (LİDAR) ile alım veya küresel konumlandırma sistemi (GPS) koordinatları, nokta bulutları veya önceden mevcut olan coğrafi bilgi sistemi (GIS) verisi gibi atmosferik parametreler ile ilgili bilgiler de olabilir. Mevcut metaverinin miktarı, mekânsal ve zamansal çözünürlük, ölçek ve ölçüm doğruluğu gibi öznitelikler, konu edilmeyen birçok görüntü arasındaki farklılıklar, nokta tabanlı ölçümler (örneğin GPS konumları), tüm bu veriler bilgi içeriği bakımından büyük çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle heterojen verilerin eşleştirilmesi ile birlikte kaydedilmesi uzaktan algılama veri füzyonunda temel bir zorluk oluşturur. Bu yönde bazı araştırmalar olduğu ve görüntü verisi için belli bir kayıt işlemi amaçlandığı halde, veri kaydı hala araştırmaya açık bir alandır. Çünkü büyük veri miktarlarına tam otomatize edilmiş işlemlerin yapılmasına ihtiyaç vardır, bu da homojen veri noktalarının öncelikle otomatik olarak eşleştirilmesini gerektirir. (Zitová ve Flusser 2003; Dawn vd.2010). Tek algılayıcı görüntülerde olduğu gibi homojen algılayıcı veri için bu oldukça basitken, farklı algılayıcı görüntüler

için daha zorlayıcıdır ve hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, kitle kaynaklı görüntüler veya nokta bulutu gibi çok farklı veriler için hala tartışılmamış yanları vardır (Fonseca ve Manjunath, 1996; Inglada ve Giros 2004; Keller ve Averbuch 2006; Kim vd. 2008; Mastin vd. 2009; Suri ve Reinartz 2010; Vecchi ve Dell'Acqua 2014; Wang vd. 2007; Wang vd. 2012; Wang vd. 2017).

SAR görüntüleme algılayıcısı, hava koşullarından bağımsız olarak yeryüzü değişimi gözlemi için önemli bir avantaj sunmakla birlikte, alınan SAR görüntüleri eksik bilgiler sunar. Chibani (2005) yürüttüğü bir çalışmada, bu eksikliği telafi etmek amacı ile yüksek mekânsal çözünürlüklü pankromatik (P) görüntüleri, SAR görüntülerinin kalitesini arttırmak amacı ile tamamlayıcı veri olarak kullanmıştır. Çalışma içeriği, Pankromatik görüntüyü SAR görüntüsüne dahil ederek özelliklerin (ayrıntılar) çıkarılmasına dayanmaktadır. Bu nedenle, çalışmada pankromatik görüntüden özellikleri çıkarmak amacı ile, 'a trous wavelet decomposition ('a trous dalgacık ayrışması, ATWD) kullanımına dayanan bir yaklaşım önerilmiştir. Çalışmadan elde edilen deneysel sonuçlara göre, SAR-P kompozit görüntüsü ile çizgi, köşe ve parsel sınırlarının daha iyi saptandığı ortaya konulmuştur.

Görüntü füzyonuna yönelik yürütülen başka bir çalışmada, SAR verilerinin optik görüntülerle füzyonunun kalite değerlendirmesi araştırılmıştır. Bu kapsamda farklı algılayıcılara ait iki farklı SAR verisi (RADARSAT-1 ve PALSAR) SPOT-2 verisiyle birleştirilmiştir. PALSAR ve RADARSAT-1 görüntüleri aynı çözünürlüğe ve polarizasyona sahip olsa da, görüntüler farklı frekanslarda alınmıştır (Sırasıyla L ve C bandda). Araştırmacılara göre özellikle bu durum, çalışma frekansı, birleştirilmiş görüntülerden bilgi çıkarımı etkisini görmek açısından geçirim derinliği için anahtar faktördür. Bu uygulamada, birleştirilmiş görüntülerin spektral kalitesini korumak amacı ile çok algılayıcılı görüntü füzyon teknikleri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda, görüntü füzyonu işleminde IHS (Yoğunluk-Ton-Doygunluk), HPF (Yüksek Geçiş Frekansı), iki boyutlu DWT (Ayrık Dalgacık Dönüşümü) ve PCA (Temel Bileşenler Analizi) teknikleri uygulanmıştır. Birleştirilmiş görüntülere, Korelasyon Katsayısı (CC), Varyans Farkı (DIV), Standart Sapma Farkı (SDD), Evrensel Görüntü Kalitesi İndisi (UIQI) gibi İstatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, HPF ve DWT füzyon tekniğinin hem Radarsat-SPOT hem de PALSAR-SPOT birleşmiş görüntülerinde benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonunda IHS yöntemi ise en kötü sonucu vermiştir. Tarım alanlarında yapılan değerlendirmede ise, PALSAR-SPOT füzyonunda HPF kullanımı en iyi spektral sonuçları vermiştir (Abdikan vd. 2008).

Farklı dalga boylarında elde edilen uydu görüntülerinin veri füzyonu yaklaşımıyla önemli bilgi çıkarımı sağladıkları pekçok çalışma ile ortaya koyulmuştur. Optik ve SAR veri setlerinin entegrasyonuna dayalı olan veri füzyonu, farklı arazi yüzeyi özelliklerinin yorumlanması, geliştirilmesi ve analizi için verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Açıksarı vd. (2018) tarafından yürütülen başka bir çalışmada, Çanakkale ilini kapsayan Sentinel 1-A GRD mod VV+VH ikili PolSAR uydu görüntüleri ile Sentinel-A optik uydu görüntüleri ve buna bağlı Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) verileri kullanılarak çeşitli kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar için ayrı ayrı nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile arazi örtüsü sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Farklı dalga boylarında ve farklı bantlardaki uydu görüntülerinin entegrasyonu ile veri füzyon yaklaşımının arazi sınıflandırması doğruluğunu hangi boyutta etkilediği ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucunda optik, PolSAR ve NDVI veri füzyonunun sınıflandırmada genel doğruluk %87,9 ve kappa değeri 0,84 olarak elde edilmiştir. Sadece optik görüntü sınıflandırılması ile de %86,1 sınıflandırma doğruluğu sağlanmış ve kappa değeri 0.80 olarak hesaplanmıştır (Açıksarı vd. 2018).

5.Yapay Açıklıklı Radar (SAR) Verileri İle Tarımsal Ürün İzleme Çalışmaları

Arazi kullanımı bilgisi, ulusal ve küresel düzeylerde ekonomik, çevresel konularla ilgili politikaların oluşturulmasında en yararlı girdi unsurlarından biridir. Bu kapsamda, farklı spektral, zamansal ve mekânsal çözünürlüklü algılayıcılar bu durum göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Ayrıca, bazı uygulamalar için tek algılayıcı görüntüler, yeryüzünden bilgi toplamak için yeterli olmayabilir. Farklı mekânsal ve spektral çözünürlüklere sahip uydu görüntülerinin füzyonu, bilgilerin çıkarılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Optik veriler elektro-optik sensörler yardımıyla spektral yoğunluk açısından, hedeflerin yansıtıcı özellikleri hakkında çeşitli bilgi sağlarken, SAR algılayıcı verileri, polarizasyon durumu ile nesnelerin geometrik yapısı, yüzey pürüzlülüğü ve dielektrik özellikleri hakkında detaylı bilgiler içerir. SAR sistemleri her türlü hava koşulunda, aktif olarak, gece ve gündüz yüzeyin geometrik ve elektriksel özelliklerini yansıtan görüntüler sağlamaktadır. Optik uzaktan algılama verileri ise atmosferik koşullar hariç, genel olarak haritalama doğruluğunu arttırmaya yardımcıdır.

Tarımsal ürün izleme çalışmalarına uygun algılayıcı parametrelerinin seçimi çok önemlidir. Örneğin SAR sistemlerinde, bitki örtüsündeki morfolojik değişikliklerin etkilerini tanımlamak için bitkilerin yapısal bölümlerinin büyüklüğü, sistemin mevcut dalgaboyuyla (frekansıyla) eşleşmelidir. Ayrıca kanopinin içinde

farklı frekansların ve geliş açılarının kullanımı, saçılma davranışını ve dalgaların sönümlenme durumunu değiştirir. Bu nedenle ürün izlemede, yüksek frekanslı sistemlerin ($f > 5$ GHz) düşük frekanslı sistemlere göre bitkideki morfolojik değişimlere daha hassas olması beklenmektedir (Yüzügüllü 2017).

Çok yıllık tarımsal ürünlerin aksine tek yıllık ürünlerde, özellikle pirinç bitkisinde, mevsimsel dinamiklerin izlenmesi literatürde sık rastlanmaktadır. Campos-Teberner M vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, pirinç yetiştirilen önemli bölgeler, Avrupa radar görüntüleme uydusu olan Sentinel 1-A zaman serisi görüntüleriyle tanımlanmış ve ayrıca Sentinel-2 optik verileriyle elde edilen çok zamanlı LAI (Yaprak alan indeksi) kestirimleriyle birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmada pirinç bitkisi, operasyonel (işlevsel) bir kural tabanlı algoritma ile saptanmıştır. LAI kestirimleri ise PROSAIL modeli ile elde edilen çıktıların, Gauss işlem regresyonu işlemine tabi tutulması sonucunda yüksek doğrulukta elde edilebilmiştir. Çalışmanın doğruluğu, üç ülkede (İtalya, İspanya ve Yunanistan) koordine edilen arazi ekipleri tarafından alınan yer gerçekleri verileri ve LAI ölçümleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, tahmin edilen veriler ile yer gerçekleri arasında yüksek korelasyonların olduğunu göstermiştir. Sentinel-2A kestirimleri, Landsat-8 ile 3 ortak bölgede yapılan kestirimlerle yüksek mekânsal tutarlılık göstermiştir. Ayrıca, Sentinel 1A verileri ile Sentinel-2A ve Landsat – 7/8 uydularına ait LAI zamansal serilerinin tutarlılığı ve uygulanabilirliği de kanıtlanmıştır. Böylelikle, Yüksek mekânsal-zamansal çözünürlüğe sahip çok algılayıcı veri setleri ile üretilen LAI zaman serilerinin işlevsel olarak türetilmesinin, ürün izleme çalışmalarında kullanışlı olduğu ortaya konmuştur (Campos-Teberner M vd. 2017).

Polimetrik Yapay Açıklıklı Radar tekniği (PolSAR) ise, tarımsal ürün izleme çalışmalarına ve mevcut bazı sorunlara önemli çözümler getirmiştir. Bu sistem, radar dalgalarının farklı polarizasyon özelliklerini kullanarak elde edilen görüntüleri ifade eden bir radar sistemidir ve tarımsal uygulamalarda SAR verilerinin kullanımında farklı bir yaklaşım getirmektedir.

Literatürde rastlanan bir çalışmada, çok zamanlı SAR verilerinden elde edilen 10 parametrenin ürün boyu ve ürün örtüsüne hassasiyeti araştırılmıştır. Nasirza-dehdizaji vd. (2019) tarafından yürütülen bu çalışmada, mısır, ayçiçeği ve buğday materyal olarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, mısırın erken büyüme aşamasında farklı polarizasyonlarda yüksek korelasyon katsayısı belirlenmiştir. Elde edilen katsayı tanımlamaları VV+VH ve VV polarizasyonlarını içeren SAR parametreleri ile mısır boyları arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, bu korelasyonun VV polarizasyonda ileri büyüme aşamalarında zayıfladığı belirlenmiştir. Buğday bitkisi için polarizasyon değişkenlerinde

ise, SAR parametrelerinin hassasiyetinin mısır göre daha erken aşamada belirgin olduğu saptanmıştır. Buğday boyu ile en yüksek korelasyonu sağlayan Alfa dekompozisyon parametresi olmuştur. Ayçiçeğinin boyu SAR parametrelerinin çoğuyla önemsiz bir korelasyon göstermiştir, yalnız VH polarizasyonu az miktarda hassasiyet belirlenmiştir. Çalışmada ayçiçeğinin ürün örtüsü göreceli olarak VV polarizasyonda daha yüksek korelasyona sahipken, ileri büyüme aşamalarında önemli bir korelasyon tespit edilememiştir (Nasirzadehdizaji vd. 2019).

Yapay açıklıklı radar verileri ile ürün izleme çalışmaları, bitki rekolte tahmini ve bitki su tüketiminin belirlenmesinde de oldukça önemlidir. Bu kapsamda SAR verilerinin benzer veya çapraz polarizasyonlu geri yansıma değerleri ile mikrodalga indislerinin hesaplanması mümkün olabilmektedir. Literatürde rastlanan bir çalışmada, Vreugdenhil vd. (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada, Sentinel 1 radar görüntülerinin VV ve VH yansıma değerleri ve bunların oranları VH/VV ile çapraz oran (CR) verileri ürün durumunu izlemek amacı ile kullanılmıştır. Bu kapsamda kolza, mısır ve tahıllar için bitki su içeriği (VWC), bitki biyokütlesi, yaprak alan indeksi (LAI) ve bitki boyu gibi hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Saçılmanın hassasiyeti ve mikrodalga indisleri ile bitki dinamiğini belirlemek için kullanılan doğrusal ve üstel modeller ve makine öğrenmesi yöntemleri, Sentinel-1 verisi ve yer gerçekleri verileri ile birlikte değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, mısır ve tahıllar için bitki su içeriğindeki değişkenliğin sırasıyla %87 ve %63 olduğu, kolzada ise iki ayrı büyüme sezonunda bitki yapısında oluşan büyük farktan dolayı bitki su içeriği belirleme katsayısının (R^2) daha düşük ($R^2 = 0.34$) olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, rastgele orman analizinde kullanılan saçılma, mikrodalga indisleri ve toprak nemliliği, CR'nin VWC'yi tahmin etmede en önemli değişken olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, kantitatif analize bağlı olarak SAR verileri ile, bitki su içeriği ve bitki fenolojisinin izlenmesinde mikrodalga indislerinin geniş potansiyele sahip olduğunu ifade etmişlerdir (Vreugdenhil vd. 2018).

Araştırmalar, herhangi bir tarımsal ürünlerdeki fenolojik değişikliklerle ilgili olarak ortaya çıkan saçılma davranışının, yaprak alan indeksi ve biyokütle gibi büyüme göstergelerine duyarlı olduğunu ortaya koymuştur (Wiseman vd. 2014; Steele-Dunne vd. 2017). Biyofiziksel parametre kestiriminin mahsul durumunun izlenmesinde çok önemli olmasından dolayı, SAR gözlemleriyle elde edilen biyofiziksel parametrelerin kullanımı da oldukça önem arz etmektedir (Caicedo vd. 2014). Yapılan bazı çalışmalarda, saçılma yoğunluğunun belirlenmesinde, HH/VV, VH/VV, HV/HH polarizasyonların kombine edilmesi ile başarı sağlanmıştır. Bu şekilde, bitkinin fenolojik çevrimi süresince saçılma davranışındaki

değişimleri izleme potansiyelinin artırılması mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda, yapay açıklıklı radar verileri ile ürün izleme çalışmalarında, Kim ve Van (2009) radar bitki indisini önermiştir (RVI). Bu indeks, bitki örtüsünün rastgele yönlendirilmiş dipollerinin bir koleksiyonu olarak modellenmesi ile formüle edilmektedir (Denklem 5) (Saathchi, 2019).

$$RVI = \frac{8\gamma_0HV}{(\gamma_0HH+\gamma_0VV+\gamma_0HV)} \quad (5)$$

γ_0 (gama-sıfır), her polarizasyon kombinasyonu için radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmiş SAR geri saçılma katsayısı

Bitki örtüsünün izlenmesi amacı ile geliştirilen radar bitki indeksi, tüm polarizasyon kanallarından çapraz polarizasyonun toplam güce oranıdır. Bu değer 0 ile 1 arasında değişmekte olup, saçılma rastgeleliğinin bir ölçüsüdür. Bu indeks çıplak bitkisiz yüzeylere 0 değerini alırken, bitkinin gelişim düzeyine göre artış göstermektedir. Bir oran olarak, RVI radar ölçüm geometrisi ve topografyasına karşı daha az duyarlıdır ve radar verilerindeki mutlak kalibrasyon hatasına duyarlı kalmaktadır. Tarımsal ürünlerdeki ürün büyümesinin izlenmesi ve biyofiziksel parametrelerin tahmini amacı ile son yıllarda yapılan çalışmalarda RVI kullanılmakta olup ayrıca farklı modeller de geliştirilmektedir (Kim vd. 2012; Kim vd. 2014; Huang vd. 2016, Ratha 2019).

6.Sonuç

Elektromanyetik spektrumun optik dalgaboyu bölgesinde ve pasif uzaktan algılama olarak adlandırılan çalışmalar, uzun yıllardan beri tarımsal üretim alanlarında yürütülmektedir. Özellikle bitkinin optik dalga boyu bölgesinde verdiği yansıma karakteristiğinden yola çıkılarak yürütülen analizler neticesinde tarımsal bitki örtülerinin fizyolojik durumları hakkında son derece doğru sonuçlara ulaşılabilmektedir. Böylelikle tarımsal ürünlerde verim tahminin yapılması, semptom ortaya çıkmadan hastalık ve zararlıların tespiti, besin elementi noksanlığının belirlenmesi gibi oldukça önemli çalışmalar yapılabilir.

Aktif uzaktan algılama olarak adlandırılan ve spektrumun optik dalga boyu bölgesinde çalışmayan radar sistemleri ise, pasif uzaktan algılamaya göre bazı avantajları nedeni ile son yıllarda tarımsal ürün izlemede kullanılmaya başlamıştır. SAR verilerinin en önemli avantajı, optik verilerin aksine iklim koşullarından etkilenmemeleridir. Ayrıca, radar verilerinin en önemli özelliği bitkilerin geometrik yapısına karşı hassas olmaları ve bu nedenle bitkinin dentrometrik bileşenleri hakkında yeterli bilgileri sunabilmesidir. Gerek optik verilerin ve gerekse SAR verilerinin görüntü füzyonu ile birleştirilmesi sayesinde tarımsal ürünlerin

izlenmesi daha hassas yapılabilmekte ve üretim modelleri hakkında oldukça başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bu derleme çalışmasına, SAR verilerinin genel yapısı hakkında bilgi verilmiş ve radar verilerinin tarımsal ürün izleme açısından kullanılabilirliği, optik verilere göre farklılıkları ortaya konularak literatüre dayalı örnekler ile açıklanmıştır.

Not: Bu çalışma Doktora öğrencim olan ve 2024 yılında elim bir hastalık nedeni ile aramızdan ayrılan Dr. Işın ONUR'un katkıları ile gerçekleştirilmiştir. Kendisine ithaf ediyorum.

Kaynaklar

- Abdikan S., Sanlı, F., B., Balcık F., B., Göksel, C., 2008. Fusion of SAR Images (Palsar and Radarsat-1) With Multispectral SPOT Image: A Comparative Analysis of Resulting Images, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing, China.
- Açıksarı E., Akçay, Ö., Avşar Ö., 2018. Sentinel-1 PolSAR ve Sebyinel-2 Optik Uydu görüntülerinin Füzyon ile Sınıflandırılması. VII. UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2018), 18-21 Eylül 2018, Eskişehir, pp:1-8, <http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6668>.
- Baltzer, H., 2001. Forest mapping and monitoring with interferometric synthetic aperture radar InSAR. Progress in Physical Geography 25, 159e177.
- Caicedo, J. P. R., Verrelst, J., Muñoz-Mari, J., Moreno, J., Camps-Valls, G., 2014. Toward a semiautomatic machine learning retrieval of biophysical parameters, IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ., vol. 7, no. 4, pp. 1249–1259.
- Campos-Taberner, M., Javier García-Haro, F., Camps-Valls, G., Grau-Muedra, G., Nutini, F., Busetto, L., Katsantonis, D., Stavrakoudis, D., Minakou, C., Gatti, L., Barbieri, M., Holecz, F., Stroppiana, D., Boschetti, M. 2017. Exploitation of SAR and optical sentinel data to detect rice crop and estimate seasonal dynamics of leaf area index. Remote Sensing 9 (3), 248.
- Chibani, Y., 2005. Selective Synthetic Aperture Radar and Panchromatic Image Fusion by Using the `a Trous Wavelet Decomposition, EURASIP Journal on Applied Signal Processing 14, 2207–2214. Cumming ve Wong, 2005.
- Dallemand, J., Lichtenegger, J., Raney, R., Schumann, R., 1993. Radar Imagery: Theory and Interpretation. Lecture Notes, RSC Series, 67:112.
- Dawn, S., Saxena, V., Sharma, B. 2010, Image and Signal Processing. 4th International Conference, ICISP 2010, Trois-Rivieres, QC, June/July 2010. Pp: 103-112.
- Dragut, L., Tiede, D., Levick, S. 2010, ESP: A Tool to Estimate Scale Parameter for Multiresolution Image Segmentation of Remotely Sensed Data. Int. J. Geogr. Inf. Sci, 24, 859-871. <https://doi.org/10.1080/13658810903174803>
- Dubois, P.C., Van Zyl, J., Engman, T., 1995. Measuring soil moisture with imaging radars, Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 33: 915-926.
- Fonseca, L.M.G., Manjunath, B.S. 1996. Registration Techniques for Multi-Sensor Remotely Sensed Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62, 1049-1056.
- Garcia, C. E.; Santos, J. R.; Mura, J. C.; Kux, H. J. H., 2012. Análise do potencial de imagem TerraSAR-X para mapeamento temático no sudoeste da Amazônia brasileira. Acta Amazonica, v. 42, n. 2, p. 205-214.

- Gamanya, R., De Maeyer, P., De Dapper, M. 2007. An automated satellite image classification design using object-oriented segmentation algorithms: A move towards standardization. *Expert Systems with Applications* 32(2):616-624. DOI: 10.1016/j.eswa.2006.01.055
- Henderson, F. M., Lewis, A., J., 1998. Principles and Applications of Imaging Radar. Manual of Remote Sensing, Volume 2, John Wiley and Sons, New York, U.S.A.
- Hill, M. J., Donald, G. E. and Vickery, P. J. 1999. Relating radar backscatter to biophysical properties of temperate perennial grassland. *Remote Sensing of Environment* 67(1): 15–31
- Huang, Y., Walker, J. P., Gao, Y., Wu, X., Moneris, A., 2016. Estimation of vegetation water content from the radar vegetation index at lband, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 54, no. 2, pp. 981–989.
- Inglada, J. ve Girs, A., 2004. On the possibility of automatic multisensory image registration, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 42, no. 10, pp. 2104–2120.
- Jensen, J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective, s: 318. ISBN-10: 0131453610.
- Jensen, J.R., 2005. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 505-512.
- Joshi, N.P, Mitchard, E.T. A., Schumacher,J., Johannsen, V.K, Saatchi,S., Fensholt, R. 2015. L-Band SAR Backscatter Related to Forest Cover, Height and Aboveground Biomass at Multiple Spatial Scales across Denmark. *Remote Sens.* 2015, 7, 4442-4472; doi:10.3390/rs70404442.
- Kaasalainen, S.; Holopainen, M.; Karjalainen, M.; Vastaranta, M.; Kankare, V.; Karila, K.; Osmanoglu, B. 2015. Combining Lidar and Synthetic Aperture Radar data to estimate forest biomass: status and prospects. *Forests* , v. 6, n. 1, p. 252-270.
- Keller, Y. ve Averbuch, A. 2006. Multisensor image registration via implicit similarity, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 28, no. 5, pp. 794–801.
- Kim, Y., van Zyl, J. J., 2009. A time-series approach to estimate soil moisture using polarimetric radar data, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 47, no. 8, pp. 2519–2527.
- Kim, Y., Jackson, T. J., Bindlish, R., Lee, K., Hong, S., 2012. Radar vegetation index for estimating the vegetation water content of Rice and soybean, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 9, no. 4, pp. 564–568.
- Kim, Y., Jackson, T. J., Bindlish, R., Hong, S., Jung, G., Lee, K., 2014. Retrieval of wheat growth parameters with radar vegetation indices, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 11, no. 4, pp. 808–812.

- Kim M., T.A. Warner, T.A. Madden, M., Atkinson, D.S. Multi-scale GEOBIA with very high spatial resolution digital aerial imagery: scale, texture and image objects. *Int. J. Remote Sens.*, 32 (2011), pp. 2825-2850.
- Kim, Y. S., Lee, J. H. ve Ra, J. B., 2008. "Multi-sensor image registration based on intensity and edge orientation information," *Pattern Recognition*, vol. 41, no. 11, pp. 3356–3365.
- Lee J. S., 1983. Digital image smoothing and the sigma filter. *Computer Graphics and Image Processing*, 24, pp. 255-269.
- Lee J-S, Pottier E., 2009. *Polarimetric Radar Imaging: From Basics to Applications*. CRC Press, ISBN: 9781420054989, DOI: 10.1201/9781420054989.
- Major, D., Smith, A., Hill, M., Willms, W., Brisco, B., Brown, R., 1994. Radar backscatter and visible infrared reflectance from short-grass prairie, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 20: 71-77.
- Marpu, P. R., Neubert, M., Herold, H., Niemeyer, I., 2010. Enhanced evaluation of image segmentation results. *Jour. Spatial Science*, 55(1):55-68.
- Mastin, A., Kepner, J., Fisher, J., 2009. Automatic registration of LiDAR and optical images of urban scenes, in *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2639–2646.
- Moreau, S., Le Toan, T., 2003. Biomass quantification of Andean wetland forages using ERS satellite SAR data for optimizing livestock management, *Remote Sensing of Environment*, 84: 477-492.
- Myint S.W, Gober, P., Brazel A.J., Clarke, S.G, Weng, Q., 2011, Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(5), DOI: 10.1016/j.rse.2010.12.017.
- Nasirzadehdizaji, R., Sanli, F. B., Abdikan, S., Cakir, Z., Sekertekin, A., Ustuner, M., 2019. Sensitivity Analysis of Multi-Temporal Sentinel-1 SAR Parameters to Crop Height and Canopy Coverage. *Applied Sciences* 9(4), 655.
- Pohl, C., and Genderen, J. L. van, 1993. Geometric integration of multi-image information. *Space at the Service of our Environment, Proceedings of the Second ERS-1 Symposium*, 11-14 October 1993, Hamburg, Germany, ESA SP-361 (Paris: European Space Agency), pp. 1255-1260.
- Ranson, K.J. and Sun, G. 1994. Mapping Biomass of a Northern Forest Using Multifrequency SAR Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32, 388-396. <http://dx.doi.org/10.1109/36.295053>.
- Ratha, D., Mandal, D., Kumar, V., McNairn, H., Bhattacharya, A., Frery, A.C., 2019. A Generalized Volume Scattering Model-Based Vegetation Index From Polarimetric SAR Data., *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 1545-1598.

- Saatchi S., 2019. SAR methods for mapping and monitoring forest biomass. SAR handbook: comprehensive methodologies for forest monitoring and biomass estimation. Eds. Flores A, Herndon K, Thapa R, Cherrington E. NASA. 2019. <https://doi.org/10.25966/hbm1-ej07> Cherrington (Eds.), SAR Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation, (pp. 207-253), National Space Science and Technology Center, Huntsville, AL: NASA
- Schmitt, M., Zhu, X. X., 2016. Data Fusion and Remote Sensing: An ever-growing relationship. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine (Volume: 4 , Issue: 4 , Dec. 2016) DOI: 10.1109/MGRS.2016.2561021.
- Schmullius, C., Furrer, R., 1992. Frequency dependence of radar backscattering under different moisture conditions of vegetation-covered soil, International Journal of Remote Sensing, 13: 2233-2245.
- Souza, G. S. A.; Soares, V. P.; Leite, H. G.; Gleriani, J. M.; Amaral, C. H.; Ferraz, A. S.; Silveira, M. V. F.; Santos, J. F. C.; Velloso, S. G. S.; Domingues, G. F.; Silva, S. Multi-sensor prediction of Eucalyptus stand volume: A support vector approach. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing , v. 156, p. 135-146,
- Steele-Dunne, S., C., McNairn, H., Monsivais-Huertero, A., Judge, J., Liu, P.-W., Papat-hanassiou, K., 2017. Radar remote sensing of agricultural canopies: A review, IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens., vol. 10, no. 5, pp. 2249–2273.
- Suri, S. ve Reinartz, P., 2010. Mutual-information-based registration of TerraSAR-X and Ikonos imagery in urban areas, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 48, no. 2, pp. 939–949.
- Toan T.L., Quegan S., Woodward I., Lomas M., Delbart N., Picard G., 2004. Relating Radar Remote Sensing of Biomass to Modelling of Forest Carbon Budgets, Climatic Change, 69, 379-402.
- Vecchi, D., Dell’Acqua, F., 2014. A case study on fusion of seismic damage information from spaceborne and ground-based imaging of L’Aquila, 2009 earthquake, in Proc. IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp., Quebec, Canada, pp. 4761–4763.
- Viergever, K.M., 2008. Establishing the Sensitivity of Synthetic Aperture Radar to above-ground biomass in Wooded Savannas. PhD Thesis, The University of Edinburgh, U.K.
- Vreugdenhil, M., Wagner, W., Bauer-Marschallinger, B., Pfeil, I., Teubner, I., Rüdiger, C., Strauss, P., 2018. Sensitivity of Sentinel-1 Backscatter to Vegetation Dynamics: An Austrian Case Study. Remote Sens., 10, 1396; doi:10.3390/rs10091396.
- Wang, X., 2013. The Feasibility of Using Satellite SAR Images to Monitor Pasture in Australia. PhD Thesis. The University of New South Wales, Australia. 14-15 p.

- Wang, C.; Qi, J. 2008. Biophysical estimation in tropical forests using JERS-1 SAR and VNIR imagery. II. Aboveground woody biomass. *International Journal of Remote Sensing*, v. 29, n. 23, p. 6827-6849, 2008.
- Wiseman, G., McNairn, H., Homayouni, S., Shang, J., 2014. "RADARSAT-2 polarimetric SAR response to crop biomass for agricultural production monitoring," *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ.*, vol. 7, no. 11, pp. 4461–4471.
- Wald, L., 1999. Some terms of reference in data fusion, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 37, no. 3, pp. 1190–1193, 1999.
- Wang, L., Niu, Z., Wu, C., Xie, R. ve Huang, H., 2012. A robust multisource image automatic registration system based on the SIFT descriptor, *Int. J. Remote Sens.*, vol. 33, no. 12, pp. 3850–3869, 2012.
- Wang, L., You, S., ve Neumann, U., 2007. Semiautomatic registration between ground-level panoramas and an orthorectified aerial image for building modeling, in *Proc. 11th IEEE Int. Conf. Computer Vision [CD]*, 2007.
- Wang, Y., Zhu, X., Zeisl, B. ve Pollefeys, M., 2017. Fusing meterresolution 4-D InSAR point clouds and optical images for semantic urban infrastructure monitoring, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* Vol. 55, Issue 1, pp. 14-26.
- Yüzügüllü, O., 2017. Monitoring Rice Fields Using Synthetic Aperture Radar. PhD Thesis, ETH Zürich, İsviçre.
- Zitová, B. and Flusser, J., 2003. Image registration methods: A survey, *Image and Vision Computing*, vol. 21, no. 11, pp. 977–1000.



BÖLÜM 9

Tavus Kuşu Yetiştiriciliği

Gölce Kırbas¹ & Kemal Kırıkçı²

¹ Veteriner Hekim, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, KONYA, Orcid: 0009-0009-7373-9782

² Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootehni ABD, KONYA, Orcid: 0000-0002-6649-1127

1. GİRİŞ

Tavus kuşları, tavuksular (*Galliformes*) takımının ve kuşlar (*Aves*) sınıfının bir parçası olan sülüngiller (*Phasianidae*) familyasında incelenirler. *Phasianidae* familyası 38 cins ve yaklaşık 138 tür ile temsil edilmektedir (Khalid, Ashraf, Khan, Khalid, & Chamba, 2023). *Pavo* cinsindeki üç kuş türüne verilen ortak isim olan "tavus kuşu," aslında "Tavus" kelimesinden türetilmiştir. "Tavus", "Soylu Kuş" anlamına gelir. Türkçeye çevrildiğinde "Soylu kuş kuşu" gibi garip bir ifade ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, daha akıcı ve anlaşılır bir isim olarak "tavus kuşu" tercih edilmiştir.

Tavus kuşları, besin zincirinin bir parçası olarak, çeşitli bitki ve böcek türlerini etkili bir şekilde kontrol ederler ve özellikle ormanlık alanlarda tohum dağılımına katkıda bulunarak bitki çeşitliliğinin korunmasına yardımcı olurlar. Ayrıca doğal avcılar tarafından avlanarak avcı besin zincirine katkıda bulunurlar. Tavus kuşlarının çarpıcı tüyleri ve göze çarpan kuyrukları doğrudan ekolojik fayda sağlamasa da tür etkileşimlerinin ve doğadaki estetik çeşitliliğin bir parçası olarak ekosistemlerin zenginliğine katkıda bulunur. Ayrıca turistik bölgelerde ziyaretçilerin ilgisini çekmede önemli bir unsurdur ve turizme katkı sağlarlar. Bu kuşların ticareti, özellikle egzotik hayvan pazarlarında ve hobiciler için ekonomik bir faaliyettir. Tavus kuşlarının yetiştirilmesi ve bakımı da bir gelir kaynağı olarak yerel ekonomilere katkıda bulunur. Bu nedenle, yetiştirme programlarının başarısının devamını sağlamak için tavus kuşu türlerinin ve yetiştiriciliğinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması çok önemlidir.

2. TAVUS KUŞLARININ TARİHÇESİ

Tavus ismi, ilk olarak Tavus (*Pavo*) takımıyıldızında ve Yezidilik inancında tavus kuşu ile sembolize edilen, Tanrı Azda tarafından yaratıldığına inanılan ve evreni ile insanları yaratma görevini üstlenen Melek-Tanrı Tavus Meleği'nde rastlanmaktadır. Hindistan'da ulusal kuş olarak kabul edilen tavus kuşu, Hindu mitolojisinde tanrıların aracı olarak tasvir edilir. Yunan mitolojisinde ise Hera'nın kutsal kuşu olarak bilinir. Tavus kuşunun tüylerindeki göz desenlerinin, Hera'nın sadakatsizliğini gözetlediği efsaneleriyle ilişkilendirildiği görülür. Ayrıca, Antik Yunan'da tanrıça Hera'nın sembolü de tavus kuşudur. Argos adlı çok gözlü dev, Hermes tarafından öldürüldüğünde, Hera'nın devin gözlerini tavus kuşunun kuyruğuna serptiğine inanılır.

Tavus kuşu, Roma madalyalarında sıkça imparatoriçe tasvirlerinin yanında yer almakta ve Hint ile Pers sanatında karmaşık üsluplaştırmalara ilham vermiştir. Bizans sanatının süsleme repertuarında da bu motife rastlanır. Orta çağda, ta-

vus kuşunun etinin bozulmaz olduğuna inanıldığından, bu kuş yiğitlere ve şövalyelere sunulurdu. Bu ziyafetlerde tavus, göz kamaştırıcı bir şekilde süslenmiş olarak servis edilirdi. Bu gelenek, tavus motifiyle süslenmiş sofr takımlarının günümüzde de yaygın olarak kullanılmasına neden olmuştur. Genellikle, şövalye bir ziyafet sofrasında tavus kuşunu parçalara ayırmadan önce "tavus dileği" adı verilen bir kahramanlık ya da aşk dileğinde bulunulurdu. Bununla birlikte, bazı kültürlerde tavus kuşlarının etlerinin yenmesi yasak veya günah olarak kabul edilir.

3. TAVUS KUŞLARININ ÖZELLİKLERİ

Tavus kuşlarının en dikkat çekici özelliği, dışilerine kur yaparken açtıkları muhteşem görüntüdeki yelpaze şeklindeki kuyruklarıdır. Bu kuyruklar, göz alıcı renk ve desenleri ile dikkat çeker. Erkek tavus kuşlarının kuyruklarında, her yıl yenilenen yaklaşık 200 tüy bulunur. Bu tüylerden 170 kadarı göz şeklindedir ve "göz tüyü" olarak adlandırılırken, kalan 30 tüy ise yelpazeye estetik bir dış sınır çizen "T" harfine benzeyen "T tüyleri"dir.

Göz tüyleri, oldukça düzenli bir yayılım gösterir ve bu tüylerin tasarımı mikroskobik ölçekte karmaşık detaylara sahiptir. Tüylerin ön sırasındaki kısa tüyler ve arka sırasındaki uzun tüyler, gözlerin belirgin bir şekilde görünmesini sağlar. Göz tüylerinin üst kısmındaki kıllar dar aralıklı, alt kısmındaki kıllar ise geniş aralıklıdır. Bu geniş aralıklı alt kısım, gözlerin ön plana çıkmasını sağlayan bir kontrast oluşturur.

Tavus kuşunun tüyleri, renklerin parlaklığı ve göz alıcılığı ile dikkat çeker. Bu renkler, pigmentler yerine ince-film etkisi sayesinde ortaya çıkar. İnce-film etkisi, kuş tüylerindeki barbüller üzerinde gerçekleşir ve bu barbüller mikroskop altında görülebilen en ince yapılardır. Her bir tüy üzerindeki kılların yaklaşık bir milyon barbülü bulunur. Tavus kuşu tüylerinin barbülleri, bronz, mavi, koyu mor ve yeşil renklerde görünür.

Barbüllerde ince-film etkisi, üç farklı keratin tabakası sayesinde oluşur. Şeffaf keratin tabakalar, ışığı kırar ve bazı bileşenlerini tutar. Tavus kuşu tüyündeki yumuşak iç kısmın kahverengi olması, karanlık bir arka plan sağlayarak ışığın geçip kaybolmasını engeller ve böylece renkler daha belirgin hale gelir. İnce-film etkisi üç tabakada aynı anda gerçekleşir ve değişik renkler ortaya çıkar. Keratin tabakalarının kalınlığı milimetrenin yirmi binde biri kadar ince olup, bu kalınlık en parlak renklerin üretilmesini sağlar, çünkü tabaka kalınlığı gözle görülebilir ışığın dalga boyunu geçmemelidir.

Göz tüylerinin bir diğer önemli özelliği, binlerce barbülün bireysel etkilerinin birleşmesiyle oluşan "dijital" bir şekil oluşturmalarıdır. Bağımsız olarak çalışan komşu barbüller mükemmel bir koordinasyon gösterir ve göz şeklini meydana getirir. Bu barbüllerin oluşturduğu göz deseni, simetrik geometrik şekiller içerir. X-Y analitik düzlemine yerleştirildiğinde, göz deseni ellipsoid ve cardioid gibi geometrik şekillerin bir kombinasyonu olarak ortaya çıkar. Genellikle rastgele ve düzensiz olması beklenen barbüller, bu geometrik şekillerin matematiksel formlerine dayalı özel bir düzen içinde sıralanır.

4. TAVUS KUŞU TÜRLERİ

Dünya çapında üç tavus kuşu vardır: Hint mavi tavus kuşu (*Pavo cristatus*), Java yeşil tavus kuşu (*Pavo muticus*) ve Kongo tavus kuşu (*Afropavo congensis*) (Kabir & Hawkeswood, 2021). Ancak, mavi ve yeşil tavus kuşlarının melezlenmeleri, hibridasyonları ve yakın akrabalı yetiştirmeleri sonucunda birçok farklı renk ve tipe sahip tavus kuşu ortaya çıkmıştır

4.1. HİNT MAVİ TAVUS KUŞU (*Pavo cristatus*)

Hint mavi tavus kuşu (*Pavo cristatus*); Pakistan, Hindistan, Sri Lanka ve Bangladeş'in yerli bir türüdür. Pakistan'ın Punjab eyaletinin süs kuşudur ve Hindistan'ın da ulusal kuşu olarak ünlüdür (Khan, Didier, & Khan, 2020). Mavi tavus kuşu, dünya çapında en tanınmış ve en bilinen meşhur tavus kuşu türüdür. Hem hayvanat bahçelerinde hem de kuş koleksiyoncularının koleksiyonlarında sıkça bulunur. Renklerinin canlılığı, dünya üzerindeki pek çok kuş türünden farklı olarak dikkat çeker. Ancak, vücut yapısı ve renklerinin güzelliğine karşın, ayakları estetik açıdan pek hoş değildir. Bu nedenle, rivayete göre, mavi tavus kuşu ayaklarını her gördüğünde kötü bir sesle bağırır.

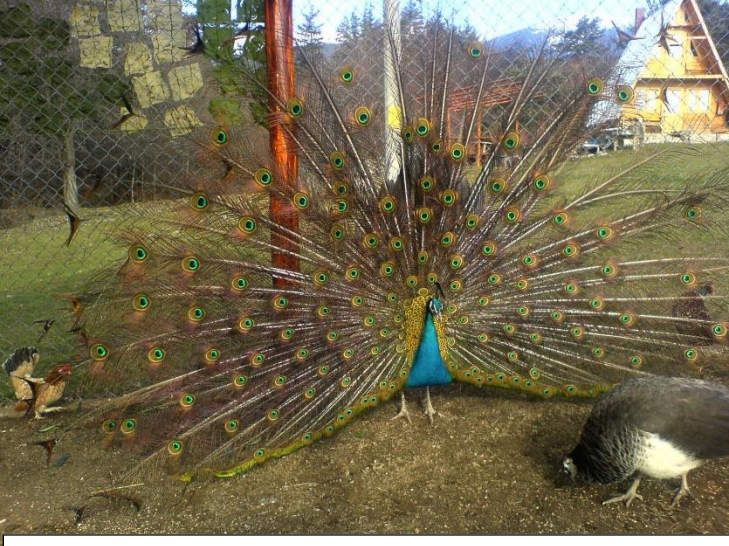
Yeşil tavus kuşu hariç, bilinen diğer tavus kuşları genellikle mavi tavus kuşunun varyeteleri olarak kabul edilir. Beyaz tavus kuşlarının ise büyük ihtimalle mavi tavus kuşlarının yakın akraba yetiştiriciliği ile yapılan çiftleşmeler sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Hindistan'da, doğal ortamda birkaç beyaz tavus kuşunun görüldüğüne dair rivayetler de vardır. Bu durum, Hindistan'daki doğal tavus kuşu popülasyonlarının nesillerinin tehlikede olabileceğine bir işaret olarak anlaşılabilir.

4.1.1 YETİŞTİRME BİLGİLERİ

Mavi tavus kuşlarının yetiştirildikleri bahçelerde serbest dolaşmadıkları zamanlarda kafeslerde tutulmaları tavsiye edilir. Kafeslerin minimum boyutu 18,5 m² ve en az 3-4 metre yüksekliğinde olmalıdır. Kafesler kesinlikle güneye yönlendirilmeli ve soğuğu geçirmeyecek şekilde yalıtılmış olarak inşa edilmelidir.

Kafeslerin her zaman kuru tutulması önemlidir. Tavus kuşları genellikle akşamları yumurtlar (18:00-20:00). Bunun farkında olmak ve yumurtaları bu saatte toplamak önemlidir. Erkek tavus kuşları çok eşlidirler ve kafeslerde genellikle 1 erkeğe 2-3 oranında dişi bulunur (Roberts, 1992). Birbirlerinin çiftleşmesine izin vermedikleri ve yumurtaların döllenme oranı çok düşük olduğu için aynı kafeste birden fazla erkek bulundurulması tavsiye edilmez. Erkek tavus kuşları son derece özenli tren tüyleri ile bilinmektedirler, bu tüyler kur sırasında sergilenir (Şekil 1) ve eş seçimi sırasında dişiler tarafından değerlendirilir (Dakin & Montgomerie, 2013).

- Çiftleşme Zamanları: Nisan'dan Ekim'e kadar yumurta yapmaktadırlar (Mushtaq-ul-Hassan, Ali, Arshad, Mahmood, & Mahmood-ul-Hassan, 2012).
- Üreme yaşı: Erkeklerin cinsel olgunluğa erişme yaşı 2-3 yıl, dişilerin ise 1-3 yıl arasındadır (Yenilmez, 2020). Ancak 1 yaşındaki dişilerin ergin erkeklerle aynı kafeste bulundurulmaları, cinsel olgunluğa erken erişmelerini aktive ederek yumurta verimine başlamalarını sağlayabilir.
- Yumurta verimi: 16-24 yumurta bırakabilirler. Ancak yapay ışık sağlanırsa (16 saat/gün) yumurta sayısı 40'a kadar çıkabilir.
- Kuluçka süresi: 27-29 gündür.
- Beslenmeleri: Yumurtacı tavuk yemi, buğday, mısır, yulaf ve bol yeşillikle beslenirler. İçinde; %10 sorgum, %20 buğday, %20 pirinç, %40 mısır, %10 hayvansal yem (balık veya et) ve yeşillikler (sebze, ot, meyve, arpa, çimen) olan bir menünün hazırlanarak verilmesi idealdir.



Şekil 1. Kur sırasında tüylerini sergileyen erkek mavi tavus kuşu



Şekil 2. Dişi Mavi Tavus Kuşu

4.2. JAVA YEŞİL TAVUS KUŞU (*Pavo muticus*)

Pavo muticus (Yeşil tavus kuşu) Java'nın doğusundaki Burma'da yaşar, bu yüzden Burma veya Java yeşili olarak da adlandırılırlar. Yeşil tavus kuşu, mavi tavus kuşundan daha büyük bir vücuda sahiptir. Tür şu anda etinin tüketilmesi, habitatının bozulması, kaçak avlanma, ürün rotasyonu ve yoğun gübre ve pestisit kullanımı yoluyla gıda ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi çeşitli faktörler nedeniyle önemli bir tehditle karşı karşıyadır (Kabir & Hawkeswood, 2021). Bu faktörler Bangladeş'te ve Pakistan dahil diğer ülkelerde tavus kuşunun neslinin neredeyse tükenme tehlikesine neden olmaktadır.

Ejder veya ejderha kuşu olarak da bilinen yeşil tavus kuşu (dragon bird), oldukça dikkat çekici bir tavus kuşu türüdür. Yüzlerinde sarı renkte motifler bulunur ve vücut tüyleri yeşil ağırlıklı lacivert renktedir. Erkek yeşil tavus kuşları, dişilere kıyasla daha iri ve gösterişlidir (Şekil 3). Bu tür, en nadir ve değerli tavus kuşlarından biri olarak kabul edilir ve bazı kişiler tarafından tavus kuşlarının en güzeli olarak gösterilmektedir.

Erkek yeşil tavus kuşlarının canlı ağırlığı yaklaşık 5 kg civarındadır ve kuyruklarıyla birlikte vücut uzunlukları 3.5 m'yi bulabilir. Dişiler ise 1,1 kg ağırlığında olup, 1,1 m uzunluğundadır. Bu kuşun "ejder kuşu" olarak adlandırılmasının nedeni, kobra yılanları da dahil olmak üzere zehirli yılanları avlayıp yemesidir.e katkıda bulunmuştur (Anwar et al., 2015).

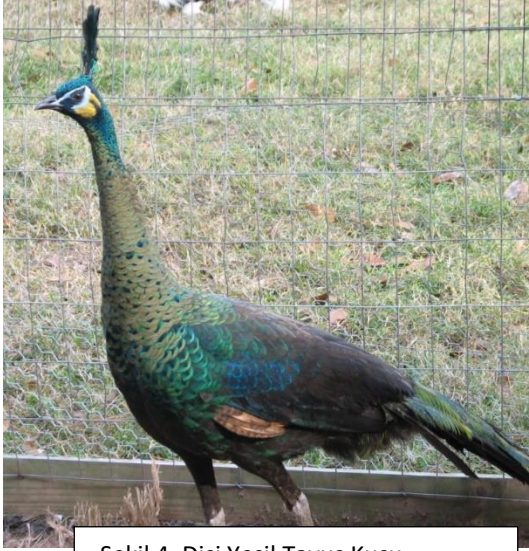
4.2.1 YETİŞTİRME BİLGİLERİ

Mavi tavus kuşlarının ihtiyaç duydukları kümes şartları yeşil tavus kuşları için de geçerlidir. Ancak sürekli kafeslerde tutulmaları tavsiye edilmektedir. 1 erkek 2-3 dişi yeşil tavus kuşu ile aynı kafeste yetiştirilebilir.

- Üreme Mevsimi: Nisan'dan Haziran'a kadar.
- Üreme yaşı: 3 yaşlarında yumurta verimine başlarlar.
- Yumurta verimi: Yılda 8 -12 adet yumurta yaparlar. Yumurtaları toplanmaya devam edilirse 30 adet yumurta verebilirler.
- Kuluçka süresi: 28 gündür.
- Beslenmeleri: Kışın çok soğuklarda etkilenebilirler. Yumurtacı tavuk yemi, buğday, mısır, yulaf ve bol yeşillikle beslenirler. İçinde; %10 sorgum, %20 buğday, %20 pirinç, %40 mısır, %10 hayvansal yem (balık veya et) ve yeşillikler (sebze, ot, meyve, arpa, çimen) olan bir menünün hazırlanarak verilmesi idealdir.



Şekil 3. Erkek Yeşil Tavus Kuşu



Şekil 4. Dişi Yeşil Tavus Kuşu

4.3. KONGO TAVUS KUŞU (*Afropavo congensis*)

Afrika tavus kuşu olarak bilinen Kongo tavus kuşu (*Afropavo congensis*), Kongo Havzası'na özgü bir tavus kuşu türüdür ve Kongo Demokratik Cumhuriyeti'nin orta bölgelerindeki yağmur ormanlarında yaşar. Bu tür 1936 yılında keşfedilmiş olup, nesli tükenmekte olan hayvanlar listesinde yer almaktadır. Şu anda yetiştiriciler tarafından yaygın olarak yetiştirilmemekte olup en büyük popülasyonunun Belçika'daki Antwerp Hayvanat Bahçesi'nde bulunduğu bildirilmektedir.

Kongo tavus kuşu, anavatanı uzak doğu olmayan tek tavus kuşu türüdür. Bazı uzmanlar bu türü, diğer tavus kuşu türlerinden ayrı bir kategoriye koymaktadır. Kongo tavus kuşu, tavus kuşu ile Gine kuşu (beç tavuğu) arasında bir tür olarak değerlendirilir ve her iki türe de benzerlikler gösterir. Erkek Kongo tavus kuşları, genellikle bütün vücutları boyunca koyu mavi, metalik yeşil ve az miktarda mor tüylerle kaplıdır (Şekil 5). Mavi ve yeşil tavus kuşu erkeklerinden belirgin bir şekilde farklı olarak çok kısa bir kuyruğa sahiptirler. Dimdik olan ibikleri beyazdır ve arkasında birkaç koyu tüy bulunur. Boyunları ise kırmızımsı kahverengidir. Dişi Kongo tavus kuşları, Asya tavus kuşu dişilerinden oldukça farklıdır; dişilerin göğüs, karın ve alnı parlak kestane rengindeyken, arka tarafları metalik yeşildir (Şekil 6).

4.3.1 YETİŞTİRME BİLGİLERİ

Minimum kafes alanı 18,5 m² olmalıdır. Kafesleri geniş, havadar, sıcak ve nem oranı düşük olmalıdır. Bu bakımdan kafes içinde kapalı bir alan bulunmalı ve bu kuşların optimum ihtiyaçları (nem ve ısı) karşılanmalıdır. Bu türün sadece dişileri kuluçkaya yatarlar. Cıvcıvler yumurtadan çıktıktan sonraki ilk hafta böcek açısından zengin bir rasyonla beslenmelidir. Kongo tavus kuşu tek eşlidir, ancak yaban hayatı hakkında yeterli bilgi yoktur (Yenilmez, 2020).

- Üreme yaşı: İlk yaşlarında yumurta verimine başlarlar. Fakat tüylenmelerini 2. Yaşlarında tamamlarlar.
- Yumurta verimi: Kongo tavus kuşları yılda 3-4 adet koyu kahverengi renkli yumurta bırakırlar.
- Kuluçka süresi: 26 gündür.
- Beslenmeleri: Diğer tavus kuşları gibi beslenebilirler.



Şekil 5. Erkek Kongo Tavus Kuşu



Şekil 6. Dişi Kongo Tavus Kuşu

5. TAVUS KUŞU VARYETELERİ

Tavus kuşlarının renkleri ve türleri oldukça çeşitlidir. Mavi tavus kuşlarına benzeyen, ancak farklı renklerde yaklaşık 200 tavus kuşu tipi bulunmaktadır. Birleşik Tavus Kuşu Birliği (UPA) 2005 yılında toplam 185 tavus kuşu varyetesinin varlığını bildirmiştir. Bu tavus kuşlarının tamamı mavi tavus kuşlarının varyeteleri veya mavi tavus kuşları ile yeşil tavus kuşlarının hibridizasyonu ile elde edilmiştir. Bu farklı renklerdeki tavus kuşları, mavi tavus kuşları ile yeşil tavus kuşlarının hibridizasyonundan, yakın akrabalı yetiştirmelerinden, renk meydana getiren genlerdeki mutasyonlardan veya renk bakımından saf olmayan (heterozigot) bireylerin birleşmelerinden türetilmiştir. Çekinik (resesif) genler, ancak homozigot olduklarında etkilerini gösterirler. Örneğin, beyaz tavus kuşları, mavi tavus kuşlarındaki çekinik beyaz rengin homozigot hale gelmesiyle ortaya çıkar. Beyaz tavus kuşları homozigot (saf) genlere sahip oldukları için, kendi aralarındaki birleşmelerden sürekli beyaz tavus kuşları meydana gelir (Kırkçı, 2012).

Yeni renk kombinasyonları ve türler aşağıdaki gibi elde edilebilir:

- Mavi X Mavi = %100 Mavi tavus kuşu
- Siyah omuzlu X Siyah omuzlu = %100 Siyah omuzlu
- Mavi X Siyah omuzlu = %100 Siyah parçalı mavi
- Siyah parçalı mavi X Siyah parçalı mavi = %75 Siyah parçalı mavi, %25 Siyah omuzlu
- Siyah omuzlu X Siyah parçalı mavi = %50 Siyah parçalı mavi, %50 Mavi
- Beyaz X Beyaz = %100 Beyaz
- Beyaz X Mavi tavus kuşu = %100 Parçalı beyaz
- Parçalı beyaz X Parçalı beyaz = %75 Parçalı beyaz, %25 Beyaz
- Beyaz X Parçalı beyaz = %50 Beyaz, %50 Parçalı beyaz
- Benekli mavi X Benekli mavi = %25 Beyaz, %25 Koyu Benekli Mavi, %50 Mavi
- Benekli Mavi X Beyaz = %50 Benekli Mavi, %50 Beyaz
- Koyu Benekli Mavi X Benekli Mavi = %50 Benekli Mavi, %50 Koyu Benekli Mavi
- Koyu Benekli Mavi X Beyaz = %100 Benekli Mavi

Ayrıca Yeşil tavus kuşları ile mavi tavus kuşlarının varyeteleri arasında da hibridizasyon yapılabilir. Elde edilen hibrit yavrulara "Spalding" denir ve bu türler "Spalding beyaz", "Spalding mor" ve "Spalding bronz" olarak adlandırılabilir. Spalding tavus kuşları hem mavi hem de yeşil tavus kuşlarına göre biraz daha iri olur. Mavi tavus kuşu ile yeşil tavus kuşlarının birleşiminden elde edilen F₁ yavruları, tekrar yeşil tavus kuşları ile çiftleştirilerek "Emerald Spalding" (zümrüt parçalı) tavus kuşları üretilebilir. Emerald Spalding tavus kuşlarında, yeşil tavus kuşlarının genotipi %75 oranındadır (Kırıkçı 2012).



Şekil 7. Erkek Spalding Tavus Kuşu



Şekil 8. Dişi Spalding Tavus Kuşu

5.1. BEYAZ TAVUS KUŞU

Beyaz tavus kuşlarının, yaygın inanışın aksine, bir mutasyon sonucu değil, genetik bir durum nedeniyle bu renge sahip oldukları düşünülmektedir. Büyük olasılıkla, mavi tavus kuşlarının yakın akraba çiftleşmesi sonucu beyaz tüy rengine neden olan genlerin homozigot hale gelmesiyle beyaz tavus kuşları ortaya çıkmıştır. Bu kuşlar albino değildir. Zarif görünümleriyle tavus kuşları arasında en dikkat çekici olanlardan biridir.

5.1.1. YETİŞTİRME BİLGİLERİ

Beyaz tavus kuşlarının serbest dolaşımı, muhteşem renklerinin ve gelin duvağını andıran kuyruğunun seyri açısından en ideal ortamdır. Ancak, kafeslerde de yetiştirilebilirler. Genel yetiştirme koşulları mavi tavus kuşlarıyla benzerdir. Bu kuşlar, en az 18,5 m² büyüklüğünde ve 3-4 metre yüksekliğinde kafeslere ihtiyaç duyar. Bir erkek tavus kuşu, 2-3 dişi ile çiftleşebilir.

- Üreme Yaşı: 2 yaştır, ancak bazı iyi gelişmiş beyaz dişiler 1 yaşında da yumurtaya girebilirler.
- Çiftleşme zamanları: Nisan'dan Temmuz'a kadar

- Yumurta verimi: 8-16 yumurta
- Kuluçka süresi: 27-29 gün
- Beslenmeleri: Yumurtacı tavuk yemi, buğday, mısır, arpa, yulaf ve bol yeşillikle beslenirler. Genel olarak beslenmeleri mavi tavus kuşları ile aynıdır.



Şekil 9. Kur sırasında tüylerini sergileyen erkek beyaz tavus kuşu



Şekil 10. Erkek Beyaz Tavus Kuşu



Şekil 11. Dişi Beyaz Tavus Kuşu

5.2. SİYAH OMUZLU TAVUS KUŞLARI

Erkekler, ağırlıklı olarak lacivert tonlarında, yeşil ve kahverengi metalik renklere sahiptir. Dişiler ise daha sade renklere sahip olup krem rengi ve az miktarda kahverengi tonlarla görülür. Erkekleri, dişilere göre daha renkli ve gösterişli bir görünüme sahiptir.

5.2.1. YETİŞTİRME BİLGİLERİ

Mavi tavus kuşları gibi yetiştirilebilen bu türler, benzer tüm özellikleri paylaşırlar. Serbest dolaşmaya uygun olmalarına rağmen kafes ortamında da beslenebilirler. Kafeslerinin en az 18,5 m² büyüklüğünde ve 3-4 metre yüksekliğinde olması gerekmektedir. Bir erkek, 2-3 dişi ile çiftleşebilir.

- Üreme Yaşı: 2 yaşlarında yumurta verimine başlarlar.
- Çiftleşme zamanları: Nisan ayında yumurta verimine başlarlar.
- Yumurta verimi: 8-16 yumurta
- Kuluçka süresi: 27-29 gün
- Beslenmeleri: Yumurtacı tavuk yemi, buğday, mısır, yulaf ve bol yeşillikle beslenirler.



Şekil 12. Dişi Siyah Omuzlu Tavus Kuşu



Şekil 13. Dişi ve Erkek Siyah Omuzlu Tavus Kuşu

6. TAVUS KUŞU ÜRETİMİ

Başarılı bir tavus kuşu yetiştirmek için en temel şart, bu kuşlara sevgi ve ilgi duymaktır. Tavus kuşu yetiştirmek isteyen kişinin, öncelikle kanatlı hayvan yetiştirme konusunda deneyim sahibi olması önemlidir. Tecrübesiz kişilerin, bakımı özen gerektiren tavus kuşu türleriyle başlaması tavsiye edilmez. Bunun yerine, kolay bulunabilen ve bakımı daha basit olan bıldırcın veya tavuk gibi türlerle tecrübe kazanılması daha uygun olur.

Tavus kuşları satın alınmadan önce, barınak veya kümeslerin hazırlanması ilk adımdır. Barınak inşa edilmeden önce, kaç adet alınacağına karar verilmelidir. Barınakların, uygun büyüklükte, türün ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmış, bitkilendirilmiş, tüneleri hazırlanmış ve kum havuzları yerleştirilmiş olması gerekir.

Tavus kuşu satın alırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, satın alınacak kuşların kardeş olmamasıdır. Birçok yetiştirici, aynı çiftten elde ettikleri kuşları çiftler halinde satar ve bu kuşlar öz kardeş olma ihtimali taşır. Kardeş kuşların çiftleştirilmesi, yavrularda tedavisi mümkün olmayan genetik hastalıkların ortaya çıkma riskini artırır. Bu durum, kan yakınlığı depresyonu olarak bilinir ve döl verimi düşüklüğü, bacak ve boyun çarpıklıkları, yaşam süresinin kısılması ve çiftleşme isteksizliği gibi sorunlara yol açabilir.

Yeni başlayan tavus kuşu yetiştiricilerine şu tavsiyeler verilebilir:

1. Erkek ve dişiler, mümkünse farklı yetiştiricilerden temin edilmelidir.
2. Bu mümkün değilse, damızlık tavus kuşları büyük sürülerden alınmalıdır; bu, kardeş olma ihtimalini azaltır.
3. Aynı türden birkaç çift tavus kuşu alınıp, sonrasında çiftler arasında eş değişimi yapılmalı ve sonraki yıllarda da sürüye dışarıdan yeni erkekler getirilmelidir.
4. Damızlık tavus kuşları satın alırken, yaşlı hayvanlardan kaçınılmalıdır. Ergin renklerini almış tavus kuşları cazip görünse de bu kuşlar genellikle kısırılık veya diğer sağlık sorunları nedeniyle satılır.
5. Satın alınacak kuşların fiziksel olarak sağlıklı olmasına dikkat edilmelidir. Parmak kıvrıklığı, tüy yolunması, aşırı zayıf veya aşırı iri kuşlar satın alınmamalıdır.

7. TAVUS KUŞU BARINAKLARI

Başarılı bir tavus kuşu yetiştiriciliğinde barınak kurmak, en kritik aşamalardan biridir. Daha önce belirtildiği gibi, kümes sayısı, yetiştirilecek tavus kuşu sayısına göre belirlenmelidir. Genelde tavus kuşları için en uygun kümesler, içinde kapalı bir barınağın yanı sıra açık gezinti alanlarının da bulunduğu yarı açık kümesler olmalıdır. Bu kümeslerin dışı, en küçük kuşların bile geçemeyeceği uygun gözeteklere sahip olmalıdır. İdeal kümes büyüklüğü ise 18 m² olmalıdır.

Tavus kuşu barınaklarının gezinti alanları, güneş gören güney yönüne bakacak şekilde inşa edilmeli ve zemini kum veya yeşillendirilmiş bitkilerle kaplanmalıdır. Yeşillendirme amacıyla çim, yonca ve üçgül gibi kısa sürede filizlenen bitkiler tercih edilmelidir. Ayrıca, gezinti alanlarının temiz, kuru ve çim ekili olması, tavus kuşlarının gösterişli kuyruk tüylerinin daha güzel görünmesini sağlar. Gezinti alanlarına, tavus kuşlarının doğal yaşamına uygun taş, kaya parçaları, odun kütükleri ve sundurmalar eklenmesi hem estetik bir görünüm sağlar hem de kuşların rahat etmesine yardımcı olur. Kapalı alanlara ve gezinti alanlarına mutlaka tünek olarak kullanılabilecek materyaller de eklenmelidir.

Kapalı kümes alanları, tavus kuşlarını soğuktan koruyacak veya en azından 10 °C'ye kadar ısıtılabilen bir şekilde inşa malzemeleri kullanılarak yapılmalıdır.

Tavus kuşları, yumurtalarını gizli yerlerde yapmayı tercih ettiklerinden, kapalı alanlara mutlaka folluk olarak kullanılabilecek materyaller yerleştirilmelidir. Bu amaçla, içine sap veya saman doldurulmuş bir kasa, folluk fonksiyonunu yeterince yerine getirebilir.

Barınaklarda suluk ve yemlikler de bulundurulmalıdır. Bazı üreticiler otomatik sulukları, bazıları ise depolu sulukları tercih etmektedir. Depolu suluklar, taze su temini veya aşı ve ilaç gibi müdahalelerin yapılması açısından daha uygun olsa da iş gücünü artırmaları dezavantajdır. Depolu yemlikler, her zaman tercih edilmesi gereken yemliklerdir. Fakat çok fazla miktarda yem verilmesi, yemlerin batlamasına sebep olabilir.

8. TAVUS KUŞLARINDA ÇİFTLEŞTİRME

Eğer ilk kez tavus kuşu yetiştiriliyorsa, satın alınan kuşlar doğrudan barınaklarına çiftler halinde yerleştirilebilir. Ancak, daha önce tavus kuşu yetiştiriciliği yapıldıysa, yeni satın alınan kuşlar önce karantinaya alınmalıdır. Bu amaçla, mevcut tavus kuşlarından uzak bir noktada küçük bir kümes inşa edilmeli ve yeni tavus kuşları burada en az 15 gün boyunca gözlem altında tutulmalıdır. Bu süre zarfında, herhangi bir hastalık taşıyıp taşımadıkları kontrol edilmelidir. Hastalık taşımadığından emin olunduktan sonra, normal barınaklarına salınmalıdır.

Aile halinde yaşayan tavus kuşlarının arasına, dışarıdan yeni bir tavus kuşu getirilmemelidir. Birbirine alışmış olan tavus kuşları, yeni gelen bir kuşu kısıkanabilir ve onu aralarına kabul etmeyebilir. Hem erkek hem de dişi tavus kuşları, dışarıdan gelen bir kuşu gruplarına dahil etmek istemeyebilir.

Genellikle 5-6 aylıkken satın alınan erkek ve dişi tavus kuşları, kümeslerine yerleştirildikten sonra birbirlerini eş olarak kabullenirler. Bu süreçte herhangi bir sorun yaşanması oldukça nadirdir. Erkek tavus kuşları bazen eşlerine karşı agresif davranabilir, ancak bu genellikle geçici bir durumdur. Kümeslerin gezinti alanlarına çalı tipi bitkiler ekmek veya farklı materyaller yerleştirmek, dişilerin erkeklerden saklanmalarına imkân tanır ve bu durumu hafifletebilir.

Tavus kuşları genellikle bahar aylarında çiftleşmeye başlarlar. Tavus kuşlarını çiftleştirmek için diğer kanatlı türlerinde olduğu gibi ek aydınlatma genellikle gerekli değildir; doğal gün ışığı yeterlidir. Ancak, daha fazla yumurta elde etmek isteniyorsa, gün ışığına ek olarak aydınlatma yapılabilir. Çiftleşme dönemi, tavus kuşlarının en görkemli zamanlarıdır. Yetiştiriciler, bu dönemi sabırsızlıkla beklerler çünkü erkek tavus kuşlarının dişilere kur yapma süreci, izlemeye değer bir şov niteliğindedir. Erkek tavus kuşları, dişilerine kendilerini göstermek için sürekli ve kararlı bir şekilde çaba sarf ederler. Bu döneme girmeden önce, tavus kuşlarının beslenme düzeninde bazı değişiklikler yapılmalıdır. Çiftleşme döneminde, rasyonlarına daha fazla protein ve kalsiyum eklenmelidir.

Türkiye’de tavus kuşları genellikle Mart-Nisan aylarında çiftleşmeye başlar. Bu nedenle, Şubat ayından itibaren damızlık tavus kuşlarına yavaş yavaş yumurta yemi verilmeye başlanmalıdır. Bu, tavus kuşlarının yumurta verim dönemine güçlü bir kondisyonda girmesi için önemlidir.

Çiftleşme gözlemlendikten sonra, yumurtaların düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Tavus kuşları genellikle yumurtalarını akşam saatlerinde (18.00-20.00) yapar. Bu saat dilimi akılda tutulmalı ve yumurta toplama işlemleri bu zaman diliminde gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, yumurta toplama ve yem verme işlemlerinin aynı kişi tarafından yapılması, tavus kuşlarında stres oluşturmamak için önemlidir. Bu uygulama, kuşların daha huzurlu ve düzenli bir ortamda bulunmalarını sağlar.

9. TAVUS KUŞU YUMURTALARININ KULUÇKASI

Tavus kuşu yumurtalarından optimum kuluçka sonuçları, damızlık tavus kuşlarının bakımı, beslenmesi ve diğer koşullarının yanı sıra yumurtaların depolanması, dezenfeksiyonu ve diğer kuluçka koşullarının optimize edilmesiyle elde edilebilir.

9.1. Yumurtaların toplanması ve depolanması

Tavus kuşlarının yumurtlama dönemi birkaç ay sürdüğü için, yumurta üretim kayıpları yüksek olabilir. Bu nedenle, kuluçka için uygun olan tüm yumurtalar, kuluçka makinesine konulma şansı verilmelidir. Kuluçkalık yumurtalar, normal ağırlıkta, normal renkte, kabuk kusurları olmayan ve tavus kuşu türü için tipik özellikler taşımalıdır. Genellikle tavus kuşu yumurtaları temizdir, ancak bazı durumlarda yumurtalar kirlenebilir. Kirli yumurtalar, sert bir yün veya peçete ile çamur veya gübre gibi kirlerden arındırılmalıdır. Yumurtaların hemen dezenfekte edilip kuluçka makinesine yerleştirilmesi mümkündür, ancak bu durum kuluçkanın izlenmesini zorlaştırabilir. Bu yüzden, yumurtaların uygun bir ortamda saklanması ve birlikte kuluçkaya yatırılması daha uygundur.

Otomatik yumurta depolama makineleri mevcuttur, ancak sadece 3-4 çift tavus kuşu yetiştiren bir yetiştirici için bu makineleri kullanmak maliyetli olabilir. Tavus kuşu yumurtaları, dikey uçları aşağıya gelecek şekilde yumurta tepsilerine yerleştirilmelidir. Kuluçka makinesine hazır olana kadar 15-18 °C sıcaklık ve %75-80 nem oranına sahip bir ortamda depo edilmelidir (Abrar et al., 2017). Uygun koşullar altında, tavus kuşu yumurtaları 5 güne kadar saklanabilir. Ancak, yumurtaların 8 günden daha uzun süre depo edilmesi önerilmez.

9.2. Yumurtaların dezenfeksiyonu

Bir yumurta 300 ila 500 arasında bakteri içerebilmektedir (Mauldin, 1998). Uygun bir ortamda bu sayı hızla artabilir, öyle ki yumurtlamadan bir saat sonra bakteri sayısı 20.000- 30.000'e kadar çıkabilir (North & Bell, 1990). Yumurtaların kontamine olması durumunda, yumurta yüzeyinde bu sayı 80.000'e kadar çıkabilmektedir (Mauldin, 1998). Yumurtalarda en yaygın olarak tanımlanan kontaminantlar arasında Micrococcus, Salmonella, Pseudomonas ve Escherichia bulunmaktadır (Mayes & Takeballi, 1983) ve birkaç küf türü de tanımlanmaktadır (Bruce & Johnson, 1978).

Kuluçka öncesi yumurtaların dezenfekte edilmemesi, bakterilerin çoğalmasına neden olabilir. Bu durum, kuluçka randımanını düşürebilir, civcivlerin kalitesini, büyümesini ve performansını olumsuz etkileyebilir (Scott & Swetnam, 1993), ve ölüm oranının artmasına yol açabilir (Reid, Maag, Boyd, Kleckner, & Schmittle, 1961). Bu nedenle yumurtalar kuluçka makinesine yerleştirilmeden önce dezenfekte edilmelidir.

Kuluçka makinelerinin ilk kullanımından önce, tüm yüzeyler dezenfektan ile temizlenmeli ve ardından formaldehit gazı ile dezenfekte edilmelidir. Formaldehit miktarı, makinenin hacmine bağlı olarak belirlenir: Her 1 m³ hacim için 25 g

potasyum permanganat ve 35 ml formaldehit kullanılmalıdır. Makine, 45-60 dakika kapalı tutulmalı ve bu süre zarfında formaldehit gazı üretilmelidir. Daha sonra kapılar açılarak makinenin içi havalandırılmalıdır. Formaldehit, zehirli bir gaz olduğundan, dezenfeksiyon sırasında gaz maskesi takılması veya dezenfekte edilen odaya girilmemesi önerilir.

Yumurtaları dezenfekte etmek için, her 1 m³ makine veya kabin hacmi için 7 g potasyum permanganat ve 14 ml formaldehit kullanılmalıdır. Yumurtalar, 20 dakika süreyle gaz dezenfeksiyon işlemine tabi tutulmalı ve ardından kuluçka makinesine yerleştirilmelidir.

9.3. Yumurtaların kuluçka edilmesi

Tavus kuşu yetiştiricileri arasında, tavus kuşu yumurtalarının gurme süs tavukları veya hindiler gibi hayvanların altında kuluçkaya yatırılması yaygın bir uygulama olmuştur. Ancak, günümüzde yüksek performanslı tam otomatik kuluçka makinelerinin ortaya çıkması bu uygulamanın yerini almıştır. Bu makineler, kuluçka için en uygun koşulları sağladıkları için tavus kuşlarının başarılı bir şekilde yetiştirilmesi için artık temel araçlar olarak kabul edilmektedir.

Kuluçka sürecinin başarısı, birçok faktöre bağlıdır. Yetiştiricilerin özeni, rasyonun kalitesi ve sıklığı, hastalıkların yaygınlığı, erkek/dişi kuş oranı, yumurtaların zamanında toplanması, temizlik işleminin etkinliği, saklama koşulları ve yumurtaların dezenfeksiyonu gibi etkenler, kuluçka sürecinin başarısını etkiler. Ayrıca, kuluçka makinelerinin performansı da önemli bir rol oynar. Kuluçka makinelerinin etkinliğini etkileyen başlıca faktörler arasında sıcaklık, nem, yumurta çevirme ve havalandırma yer almaktadır. Tavus kuşlarının kuluçka süreleri 27-29 gündür. Bu kuluçka süresinin 25 günü inkubasyonda, geri kalanı çıkım makinesinde geçer. Genel olarak, tavus kuşu yumurtaları 37,6-37,7°C sıcaklık aralığında inkübe edilmelidir. Tüm kanatlı yumurtalarının kuluçkasında olduğu gibi tavus kuşu yumurtalarının kuluçkasında da nemin doğru uygulanması başarılı bir kuluçka için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, tavus kuşu yumurtalarının inkubasyon esnasında makinedeki nem oranının %55-60 arasında tutulması önerilir. Çıkım makinesinde ise yumurtaların nem ihtiyacı %65'tir.

10. TAVUS KUŞU CİVCİVLERİNİN BAKIMI

Tavus kuşu civcivlerinin bakımları genel olarak diğer kanatlı türlerinin bakımlarına benzemektedir. Tavus kuşu civcivleri ana makinelerinde veya altlıklı kümeslerde ısı ihtiyaçları bitene kadar tutulmalıdır. Günümüzde üretilen katlı ana makineleri civcivlere temiz bir ortam sağlamakla kalmayıp, hem ısı ve hem de

temiz su sağlamaları bakımından da gereklidir. Üstelik ana makineleri az yer kaplamaları gibi kısıtlı yerlere sahip olan yetiştiriciler için de oldukça fazla avantaj sağlamaktadır. Aynı zamanda ana makinelerinde ısıtma sağlanan bölüm kafesin belirli bir bölümü olduğundan, civcivler istedikleri zamanlarda ısı ihtiyaçlarını karşılarlar ve bu durumda civcivlerdeki tüylenme de istenildiği gibi gelişmektedir. Zira fazla ısı civcivlerde tüy gelişimini yavaşlatır.

Civcivler çıkım makinesi içinde kuruduktan sonra ana makinelerine veya altlıklı civciv büyütme kümeslerine alınır. Makine içinde civcivlerin kurumadan alınması veya çok fazla bekletilerek alınması civcivlerin kalitesini bozabilir. Zaten kalitesiz olan, sakat, ayağı dönük ve eğri boyunlu civcivler ve şiş karına sahip civcivler yetiştirmeye alınmamalıdır.

Sağlam kaliteli civcivler, 32-33°C ısı sağlanmış olan ana makinelerine veya civciv büyütme kümeslerine alınıp % 5 şekerli su verilmelidir. Yem verilmesine bu suyun verilmesinden 4-5 saat sonra başlanmalıdır. Şekerli su, civcivlerin bağırsaklarından kuluçka boyunca birikmiş olan metabolizma artıklarının atılmasına yardımcı olacak hafif bir ishal oluşumu meydana getirecektir. Yem, hem ana makinesinin yemliklerine ve hem de civcivlerin gezinti alanlarına küçük tabaklar içine dökülmelidir. Bu, civcivlerin yemi tanımlarını ve ulaşmalarını kolaylaştıracaktır.

Tavus kuşu civcivlerine çıkımdan hemen sonra sağlanmış olan ısı haftada 2-3°C düşürölür, 3-4 haftalık yaştan sonra ise ısı ihtiyacı hemen hemen kalmaz. Civcivlere ilk 3 hafta oldukça fazla ihtimam gösterilmelidir. Ana makineleri veya büyütme kümesleri iyi havalandırılmalı, ancak cereyandan korunmalıdırlar. Haftada bir vitamin kombinasyonlarının suya karıştırılarak verilmesi civcivlerin dirençlerini artırır. Ana makinelerine veya civciv büyütme kümeslerine çok fazla sayıda civcivin konulması kanibalizme sebep olabilir. Yonca gibi yeşil yemlerin civcivlere 1 haftalıktan itibaren verilmesi kanibalizm gibi istenmeyen davranışları engellemeye yardımcı olur.

Civcivler 3-4 haftalık yaşa geldiklerinde tavus kuşu palazları açık alanlardaki kümeslerine alınabilirler. Açık alanlara alınmadan evvel gaga kesimi uygulanması kanibalizmden ileri gelen öölmleri azaltabilir. Açık kümeslerin zemininin yonca, üçgül, mısır gibi bitkilerin dikilmesi, hem yem tüketimini azaltır ve hem de civcivlere sürekli bir meşguliyet sağladıklarından kanibalizmi önler.

KAYNAKLAR

- Anonim (2024); https://tr.wikipedia.org/wiki/Tavus_ku%C5%9Fu
- Abrar, M., Ahmad, Q. A., Ali, Z., Iqbal, M., Altaf, S., Sagheer, A., . . . Khan, L. (2017). Effect of cage spacing on production, fertility and hatchability of eggs in Indian peafowl at wildlife breeding center (Gatwala), Faisalabad-Pakistan. *J Ent Zool Stud*, 5(4), 354-360.
- Anwar, M., Mahmood, A., Rais, M., Hussain, I., Ashraf, N., & Khalil, S. (2015). Population density and habitat preference of Indian peafowl (*Pavo cristatus*) in Deva Vatala National park, Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 47(5).
- Bruce, J., & Johnson, A. (1978). The bacterial flora of unhatched eggs. *British poultry science*, 19(5), 681-689.
- Dakin, R., & Montgomerie, R. (2013). Eye for an eyespot: how iridescent plumage ocelli influence peacock mating success. *Behavioral Ecology*, 24(5), 1048-1057.
- Kabir, A., & Hawkeswood, T. J. (2021). Captive breeding and rehabilitation of Peafowls (Aves: Phasianidae) in Bangladesh. *Calodema*, 890, 1-4.
- Khalid, S., Ashraf, S., Khan, S., Khalid, W., & Chamba, M. V. M. (2023). Comparative study of egg quality parameters of different breeds of peacock. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 1749-1759.
- Khan, S. A., Didier, A., & Khan, M. A. (2020). Avifauna on the Ceramics of Ketch-Makran, Balochistan, Pakistan. *Pakistan heritage*.
- Kırıkçı, K. (2012). Doğanın gizemli kuşları sülünler. *Dörtrenk Yayın Tanıtım Matbaacılık*, Ankara.
- Mauldin, J. (1998). Reducing contamination of hatching eggs.
- Mayes, F. J., & Takeballi, M. A. (1983). Microbial contamination of the hen's egg: a review. *Journal of food protection*, 46(12), 1092-1098.
- Mushtaq-ul-Hassan, M., Ali, Z., Arshad, M., Mahmood, S., & Mahmood-ul-Hassan, M. (2012). Effects of mating sex ratios in Indian peafowl (*Pavo cristatus*) on production performance at Wildlife Research Institute, Faisalabad (Pakistan). *Iranian Journal of Veterinary Research*, 13(2), 143-146.
- North, M., & Bell, D. (1990). Maintaining hatching egg quality. *Commercial Chicken Production Manual*, edn. 4th, 87-102.
- Reid, W. M., Maag, T. A., Boyd, F. M., Kleckner, A. L., & Schmittle, S. (1961). Embryo and baby chick mortality and morbidity induced by a strain of *Escherichia coli*. *Poultry Science*, 40(6), 1497-1502.
- Scott, T. A., & Swetnam, C. (1993). Screening sanitizing agents and methods of application for hatching eggs I. Environmental and user friendliness. *Journal of Applied Poultry Research*, 2(1), 1-6.

Yenilmez, F. (2020). Peafowl Production. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(4), 945-948.



BÖLÜM 9

Bazı Parfüm Bitkileri ve Tarihte Parfüm

Eray Tulukcu¹

¹ Selçuk Üniversitesi Çumra Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tıbbi Aromatik Bitkiler Programı. Konya/Türkiye, Orcid: 0000-0002-1893-144X,

GİRİŞ:

Kokunun bireyler üzerinde çok farklı tesirleri vardır. İnsanlarda iyi bir etki bırakmak isteyen kişiler güzel kokarak bu düşüncelerini uygulamaya çalışırlar. Aynı zamanda kendilerini daha iyi hissetmek için de bu yola başvurlar. Bu sebeple en çok müracaat edilen yöntem ise parfüm seçimi ile başlar. Parfüm, Türk Dil Kurumu sözlüğünde şişelenmiş güzel koku olarak tanımlanmaktadır. Parfüme Latince ‘Duman’ veya ‘Dumandan’ anlamına gelen Per fumum kelimesinden türemiştir. “Parfüm” kelimesinin kökenine bakıldığında, “Per” kelimesi “vasıtasıyla, aracılığıyla” anlamına, “fumum” kelimesi de “duman” anlamına gelmektedir. Bu da ilk parfümlerin, odun ve otların yakılmasıyla elde edilen hoş kokular olduğunu göstermektedir. İnsanoğlunun Tanrı ile iletişim kurmak için yanan ağaçların ve reçinelerin kokusunu adak adamak veya ona jest yapmak amacıyla kullandığı tütsü olarak nitelendirilebilecek ilk kokulardan, bugün modern teknoloji ile ürettiğimiz doğal ve sentetik kokuların hepsine parfüm adını vermekteyiz.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de doğal florada bulunan bitkilerin halk arasında tedavi amaçlı, gıda, çay, baharat, boya, insektisit, hayvan hastalıklarının tedavisi, reçine, zambak, uçucu sabit yağlarından faydalanma, meşrubat ve kozmetik sanayinde kullanımı uzun yıllardan beri süregelen geleneksel kültürel zenginliğimizin bir parçası olmuştur. Geçmişten günümüze insanlar her dönemde; güzel görünüşlü, kokulu bitki ve çiçeklere ilgi duymuştur. Önceleri doğada seyrettikleri bu güzellikleri, yerleşik hayata geçişle birlikte evlerine ve bahçelerine taşımış, bitkilerle aralarındaki bağı kuvvetlendirmişlerdir. Koku bitkileri ile kurulan bu güçlü bağlardan biridir. Zamanla insanlar bitkilerden elde edilen bu kokuyu vücutlarında kullanmaya başlamışlardır.

Parfümün tarihçesi günümüzden beş bin yıl öncesine dayanır. Mısırlılar, Muşeviler, Asurlular, Yunanlılar, Romalılar ve Araplar parfümü kendilerine özgü incelmış biçimde kullanmaya başlamışlardır. Parfümün ilk nerede ortaya çıktığı tam olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte Sümerler tarafından Mezopotamya’da ölümler için, reçine, çamsakızı ve çeşitli otlar yakılarak, cenaze törenlerinde kullanılmıştır. Tarihte bilinen en eski parfüm yapımcısı Mezopotamya’da bulunan ve üzerinde M.Ö. 1256-1209 tarihinin yazılı olduğu çivi yazısı tablette bir ev kadını olan Tapputi- Belatekallin’in adı geçer. Beraberinde bulunan diğer tabletlerde de parfümleri elde etme yöntemleri anlatılır. Mısırlılar da parfümü yine aynı şekilde, dini sebeplerle krallar veya din adamları gibi önemli kişilerin ölümlerini mumyalarken güzel kokmaları için kullanmışlardır. M.Ö. 3000’li yıllarda Mısır’da parfüm yapımı başlangıçta sadece din adamları tarafından yapılırken daha sonra imparatorlar ile kraliçelerin de parfüm yapmasına izin verilmiştir.

Dünyada ilk parfüm üretim merkezinin de 4000 yıl önce Kıbrıs'ta kurulduğu yapılan kazılarda ortaya konmuştur.

El Cabir, El Kindi ve İbni Sina gibi bilim adamları tarafından geliştirilen damıtma adını verdiğimiz ve çiçeğin yağını çıkarmak yoluyla kokusunu elde etme yöntemini bulan Araplar, Batı parfüm endüstrisinin temellerini attığı gibi kimya bilimini de etkilemişlerdir. Arapların parfüm yapımında birçok yeni malzeme kullanması koku kaynaklarının zenginleşmesini sağlamıştır. Parfümün İslam coğrafyasında gelişmesinin diğer bir sebebi de dindir. İslam'da yer alan temizlik anlayışı ve zorunlu olan çeşitli temizlik ilkeleri, Müslüman bilim adamlarını güzel koku üretme işine sevk etmiştir. Bugünkü anlamıyla parfüm ise Avrupa'da ancak 14. yy.'da ortaya çıkmıştır. Gülsuyu ve biberiye den üretilen kokulu yağların ve alkolün bir karışımı olan ilk modern parfüm *Eau d'Hongrie*, "*Macaristan Suyu*" üretilmiştir.

Anadolu'da bitkisel kokular üç farklı yöntemle elde edilmiştir. İlk yöntemde, bitkinin çiçek, reçine, yaprak, kök, meyve gibi parçaları toplanarak doğrudan kullanılmıştır. İkinci yöntemde kokular, reçine ve sakız gibi içeriklerin çeşitli aletlerle bitkinin gövdesinden damıtılması yahut parçalarının güneş altında bırakılarak kurutulması gibi basit işlemlerle hazırlanmıştır. Üçüncü yöntemde ise, bitkiler zaman zaman başka bitkilerin ve diğer kokulu maddelerin eşlik ettiği birtakım karışık işlemlerden geçirildikten sonra hazırlanmıştır.

Güzel kokular, aromatik kimyasallar ve esansiyel yağlardan hazırlanan, hoş koku veren hidroetanolik çözeltilerdir. Güzel kokular, içerdikleri uçucu yağ miktarlarına göre farklı adlandırılmaktadırlar: Parfüm, *Eau de Parfum*, *Eau de Toilette*, *Eau Fraiche*, *Eau de Cologne*, Kolonya, Bebek Kolonyası şeklindedir.

Türk Tarihinde Parfüm

Türkler, tarih boyunca Avrupa koku kültürlerinden etkilenmiş, bununla birlikte kendi kültürlerini geliştirmişlerdir. İslam dininde koku kullanımının sünnet kabul edilmesi, Hz. Muhammed'in güzel kokuları sevmesi, güzel kokuların gündelik yaşamda önemli yer tutmasını sağlamıştır. Buna güzel örneklerden bir tanesi Akkoyunlu döneminde yapılan Parlı Safa Camidir. Minaresinin yapımı sırasında; kirecine Diyarbakır çevresinde bulunan kokulu bitkiler katılmış, minare kumaşla muhafaza edilip cuma günleri açılmış, kokunun yayılması sağlanarak özel bir önem atfedilmiştir.

Osmanlı döneminde kadın ve erkeklerin kullanmakta oldukları parfümler hakkında yeterli yazılı kaynak bulunmasa da ıtriya malzemelerinin yaygın olarak

kullanıldığı bilinmektedir. Osmanlı döneminde Avrupa'nın aksine İslami inançlar gereği suyla temizliğin, parfümden öncelikli olması günlük hayatta çok çeşitli kokular kullanılırken, bedene uygulanan koku türlerinin sınırlı kalmasının sebebi olarak görülmektedir. Vücudun kötü kokularını maskeleyerek için parfüm kullanan Avrupalıların aksine, Osmanlılar'da koku kullanımına gerek duyulmamıştır. Osmanlı döneminde en çok kullanılan kokular arasında, dağıtımı büyük bir cıddiyetle yapılan Padişaha, saray mensuplarına, hareme, ulemaya zarif şişeler içinde dağıtılan ve Hırka-i Şerif Alayı'na davetiye yerine geçen buhur suyu denen koku çeşidi başta gelmektedir. Bunu İslam dünyasında bir meta olarak kabul gören konuk ağırlama geleneklerinin en önemli unsuru gül suyu ve gül yağı, Galiyeden denilen küçük kaplar içinde satılan, bileşiminde misk ve amber olan macun kıvamındaki koku galiye, İstanbul'da gül suyu esnafında bulunan çiçek suyu ve parfüm olarak değerlendirilebilecek giysi üzerinde veya elde taşınabilen diğer bir ıtriya malzemesi olan koku topları şemmamelerdir. 19. yy. sonuna kadar Osmanlı parfümleri alkolsüz, kokulu sular, kokulu yağlar ve macunlardan ibaret olmuştur. Kalıcılığı az, uçuculuğu fazla olan Osmanlı kokularının alkollü olarak üretimi Avrupa tarzı kolonya, parfüm ve losyonlarla tanıştıktan sonra gerçekleşmiştir.

Osmanlı döneminde günlük yaşamda koku kullanımı çok yaygın bir gelenektir. Örneğin mekanların buhurdan içindeki tütsülerle kokulandırılması, ikram edilen kahvenin kokulandırılması, çeşitli kokulu mumlar imal edilmesi, kokulu mürekkepler kullanılması, çiçek suyu katkılı yemek ve şerbet tarifleri uygulanması, gül şerbetleri ve güzel kokulu reçeller yapılması, eve gelen konuğa kahve, şerbet ikramının yanında konuğun niteliğine göre altın, gümüş ya da camdan bir gülabadanın içinden ellere ve yüze sürmek üzere gül suyu ikram edilmesi, sakala ve saçlara sürülen gül suyu kokusunun kurutularak kalıcı olmasını sağlamak üzere içine çeşitli kokulu bitkinin ya da tabaka halinde satılan buhurun konulduğu kor yerleştirilmiş buhurdan getirilip sunulması, sünnet, düğün, cenaze ve dini törenler de koku ikramı yapılması olarak söylenebilir. Ayrıca Osmanlıda kız görmeye gidiğinde zambak kokusu götürülmesi, evlenecek kızların çeyiz sandıklarında karanfil, gül yasemin, ıtır vb. gibi kokular konulması, gelin hamamında evlilik çağına gelmiş kızların erguvan sürmesi ve gelinin vücudu gül gibi yağlar ile ovulup saçlarına ve ellerine mis kokular sürülmesi sayılabilir. Osmanlı döneminde, ramazan ayından bir hafta önce Eyüp Sultan Camisi'nin gün ışığının vurduğu kubbelerinden etrafa güzel ve ferah kokular yayılması için safran, gül ve amber suları ile yıkatmaları, sefere çıkarken komutanların atlarda kullanılınca kana karışıp atın daha enerjik olmasını sağlayan gül yağıyla tımar edilmesi, elçilerin el-

lerine gül suyu serpilmesi, Padişahın, Vezir-i azam ve Sadrazamların Divan-i Hümayuna çıkmadan önce güzel kokular kullanması, saraya alınan cariyelerin bitlenmemesi için enselerine yakıcı bir özelliği olan biberiye yağı sürülmesi ilave edilebilir.

Aynı zamanda ilaç olarak da kullanılan bazı kokuların akıl hastalıkları tedavi edilmesinde kullanıldığı bilinmektedir.

Sarayın kokulu yağları ve çiçek suları ilaveli kokulu sabunlarının yapıldığı yerlere Helvahane denilirken, Osmanlı devletinin ticari yaşamında güzel koku satılan yerlere ve satan kişilere Arapça kökenli bir kelime olan Attar denilmektedir. Bugün hala tıbbi bitki satılan yerler ve kişilere Attar denilmeye devam edilmektedir.

Türklerde koku ikram etmenin kökleri eskiye dayanan bir alışkanlık olduğu görülmektedir. Günümüzde ise evliliklerde nişan çeyiz sandıklarında, elbiselik kumaş, pudra, lavanta, kolonya, ayakkabı, sakız ve karanfil bulunmaktadır. Kolonya, ferahlatıcılık niteliğiyle gülsuyu kullanım alışkanlıklarının yerini almıştır. Kolonyanın, misafirlik, otobüs yolculuğu, lokantalarda ve bayram, cenaze gibi törenlerde, berberlerde tıraş sonrası, hastane ziyaretlerinde ve geziye gidilen yerden alınacak gözde bir hediye olarak kullanımı yaygındır. Kolonya kullanımı yaz mevsiminde ferahlatıcı etkisi nedeniyle artmaktadır. Yazın evde buzdolabında saklanan kolonya, arabada, iş yerinde her an kullanılabileceğimiz, ekonomik bir ürün olarak gündelik hayatın vazgeçilmezi durumundadır.

Esanslar için kullanılan bitkisel ya da hayvansal kökenli birçok hammaddenin drog olarak bileşimlerine girdikleri ecza formüllerinin kayıt altına alınmamaları, koku gibi ıtriyatta da benzer bir uygulamanın izlenmesi nedeniyle, günümüzde sınırlı sayıda Osmanlı esans bileşimi ve hazırlanış yöntemi bilinmektedir.

BİTKİLERDE KOKU

Bitkilerdeki kokunun sebebi sahip oldukları uçucu bileşenlerdir. Bu uçucu bileşenlerin bir kısmı güzel kokulu olmasından dolayı esans ya da eterik yağ da denilmektedir. Bu uçucu bileşenler su ile karışmadıkları için yağ olarak tanımlansalar da sabit yağlardan farklıdırlar. Bu farklılıklara rağmen daha çok uçucu yağ olarak adlandırılmakta ve bilinmektedir. Uçucu yağ, bitkilerin yaprak, meyve, kabuk veya kök kısımlarından elde edilen, oda sıcaklığında sıvı halde olan, kolaylıkla kristalleşebilen genellikle renksiz veya açık sarı renkli, uçucu, kuvvetli kokulu, doğal bir üründür. Birçok bitkinin karakteristik kokuları, içerdikleri uçucu yağdan kaynaklanmaktadır.

Bugün doğada yetişen 300'e yakın bitki familyasından 1/3 ü uçucu yağ içermektedir. Uçucu yağ içeren bitkiler daha çok sıcak iklim bölgelerinde yetişmektedir. Uçucu yağ taşıyan bitkiler bakımından en zengin bölgeler Akdeniz ve İç Anadolu Bölgesidir. Uçucu yağlar en çok parfüm bitkilerinde bulunur. Parfüm bitkilerine en çok *Labiatae* familyasında rastlanır. *Labiatae* familyası dışında *Iridaceae*, *Umbellifere*, *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae* ve *Compositae* familyalarında da parfüm bitkileri bulunmaktadır.

Günümüzde tıbbi bitkilerdeki uçucu yağların ana etken maddelerinin elde edilip değerlendirilmesi bilimsel ve ekonomik yönden oldukça önemlidir. Uygun yetiştirme tekniği ile kültüre alınan bitkilerden kaliteli uçucu yağlar elde edilmesi ve bu uçucu yağların tıp alanı başta olmak üzere bilimsel ve ticari birçok alanda kullanılmasının ülke ekonomisine katkısının olması beklenmektedir.

BAZI KOKULU BİTKİLER

Uçucu yağ bakımından zengin ülkemizde yetiştirilen bazı bitkiler şunlardır.

Yasemin Çiçeği (*Jasminum officinale* L.)

Jasminum officinale L. Beyaz Yasemin veya Adi Yasemin olarak bilinmektedir. Bu türün vatanı Batı Asya'dır. Fakat Akdeniz bölgesi ülkelerinde süs bitkisi olarak yetiştirilir. Bu türün çiçekleri uçucu yağ taşımaktadır. Uçucu yağın bileşiminde jasmon, linalol, geraniol ve bilhassa benzil asetat (%45-75) bulunmaktadır. Uçucu yağ bilhassa parfümeri endüstrisinde kullanılmaktadır. Çiçeklerinden hazırlanan infüzyon (%5) dahilen göğüs yumuşatıcı, sinir yatıştırıcı ve kabızlığı gidermede kullanılmaktadır. Çiçekleri çaya rayiha katmak için kullanılmaktadır.

Anason (*Pimpinella anisum*):

Anason meyvelerinde nişasta, müsilaj, sabit ve uçucu yağ bulunmaktadır. Uçucu yağ miktarları bitkinin cinsine ve yetiştiği yerin şartlarına bağlıdır. Anasonda uçucu yağ oranı %2-4 dür. Uçucu yağın %80-90'ı anetoldür. Anetolle birlikte **az miktarda estragol ve terpenler vardır**. Anetol, zehir etkili fakat bu etkisi çok olmayan bir maddedir. Ayrıca şeker ve albüminde içerir. Meyvelerinden su buharı distilasyonu ile elde edilen anason yağı, hemen hemen renksiz ve karakteristik kokuludur. Anason uçucu yağı hazmı kolaylaştırıcı, bağırsak gazlarını ve spazmlarını giderici, iştah açıcı, idrar söktürücü, öksürük giderici ve göğsü yumuşatıcı, ağrı dindirici, sinir sistemini sakinleştirici, selülit tedavisinde vücut dokusunu sıkılaştırıcı olarak ve vücut bitlerine karşı kullanılır.

Mis Zambak (*Lilium Candidum*)

Liliceae familyasından olan mis zambak bitkisi eski Girit Uygarlığı zamanında yetiştiriciliğinin yapıldığı, görülmektedir. Uçucu yağının bileşimi; Linalol, vanilin, terpineol, feniletıl alkol, palmitik asit, sinnamik asit ve benzoik asit bakımından zengindir. Zambak yağı; cildin doğal parlaklığı için pigment lekelerinin görünümünü iyileştirmenin yanı sıra doku oksijenasyonunu ve mikro sirkülasyonunu arttırdığı bilinmektedir.

Fesleğen (*Ocimum basilicum*):

Çiçekli dallarından veya yapraklarından distilasyon yoluyla ile uçucu yağ elde edilir. Uçucu yağın oranı %0,1-0,45 arasındadır. Uçucu yağın en önemli kısmını methyl cavicol (estragol), lilanol ve acimine teşkil eder. Fesleğen uçucu yağı öksürükte, mide rahatsızlıklarında, idrar yolları hastalıklarında, strese karşı kullanılır. Zafiyeti ve hazımsızlığı giderir, arı sokmalarında faydalanılır. Tonik etkisi vardır. Cildi canlandırıcı ve sıkılaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Fesleğen uçucu yağı sivrisinek ve tahtakurusu gibi haşaratı kaçıırır. İlaç sanayinde, yiyecek endüstrisinde konserve yiyeceklerde ve içkilerde kullanılır ve bakterilere karşı koruyucu bir özelliğı vardır.

Kekik (*Origanum* sp.):

Kekik uçucu yağı, toplanan bitkiler kurutulduktan sonra distilasyon yoluyla elde edilir. Uçucu yağ bileşenleri karvakrol, timol, p-mirsen, p-simen, γ-terpinen, α-terpinen ve borneol olarak belirlenmiştir. Origanum türlerinde uçucu yağ oranı % 1.7-4.9 arasında değişmektedir. Kekik uçucu yağı bronşit, nezle, grip gibi solunum yolu rahatsızlıklarına, diş eti iltihaplarına, şeker hastalığına, romatizmaya önerilir. Alyuvar oluşumunu artırır. Yara ve yanıklarda antiseptik olarak kullanılır. Kolesterol ve yüksek tansiyonu dengeleyicidir. Zayıflamada yağ çözücü olarak kullanılır. Gastrit gibi mide rahatsızlıklarına faydalıdır. Hazmı kolaylaştırır, iştahsızlığı giderir. Güçlü bir antiseptik özelliğı sahip olduğundan bakteri ve mantar enfeksiyonlarında oldukça etkilidir. Bağırsak solucanlarını düşürür, iltihap giderir. Böbreklerdeki ve mesanedeki mikropları öldürür. Baş dönmeleri ve baş ağrılarına iyi gelir ve bağışıklık sistemini kuvvetlendirir.

Kişniş (*Coriandrum sativum*):

Kişniş uçucu yağı, tohumlarından buhar distilasyonu yöntemiyle elde edilir. Uçucu yağ oranı %0.2-1.5 arasında değişir. Kişniş uçucu yağ ekstreğini oluşturan kimyasal moleküller: linalol, limonen, γ-terpinen, α-pinen, kâfur, jeraniol, p-simen ve jeranil asetat olarak bildirilmiştir Uçucu yağın %60- 70 ini D-Linalool

oluşturur. Kişniş uçucu yağı midevi, bağırsak gazlarını ve spazmlarını giderici olarak kullanılır. Kuvvet verici, iştah açıcı ve yatıştırıcıdır. Şekerleme ve likör yapımında da kullanılır.

Lavanta (*Lavandula officinalis*):

Lavanta uçucu yağı çiçek, tomurcuk ve saplarından buhar distilasyonu yöntemiyle elde edilir. Uçucu yağını linalil, geranil esterleri, geraniol ve linalool oluşturur. Lavanta uçucu yağı stres, uykusuzluk, baş ağrısı ve migrene karşı etkilidir. Soğuk algınlığı, nezle, sinüzit ve boğaz enfeksiyonuna karşı iltihap önleyicidir. Mide-bağırsak gazları, hazımsızlık, bulantı ve mide yanmasında etkilidir. Cilt iltihaplanmalarında, akne ve çıbanda egzamada, kepek, saç dökülmeleri, saç biti, isilik, güneş ve cilt yanıklarının tedavisinde, böcek ısırıklarında kullanılır. Tansiyon düşürücü, diüretik ve toksinleri yok edicidir.

Misk adaçayı (*Salvia sclarea*):

Misk adaçayının toprak üstü kısmının tümünde uçucu yağ olmasına rağmen en fazla uçucu yağ çiçeklerde bulunmaktadır. Misk adaçayının çiçek ve yapraklarından buhar distilasyonu yöntemiyle uçucu yağ elde edilir. Uçucu yağ oranı ortalama %0.4 dür. Uçucu yağının bileşiminde linalool ve linalil asetatın yanında sclareol adı verilen alkol bulunmaktadır. Uçucu yağın büyük kısmını linalil asetat ve linalool asiklik monoterpenler (%70-75) ile terpinol, pinen, cineol gibi maddeler oluşturmaktadır. Misk adaçayı uçucu yağı, depresyona, sinirliliğe, uykusuzluğa karşı yatıştırıcı ve gevşetici olarak, solunum yolları iltihaplarında, ses kısıklığı, boğaz ağrısı ve böcek sokmalarına karşı kullanılmaktadır. Yüz temizliği, cilt ve diş bakımında da tercih edilebilir. Bu bitkinin uçucu yağları daha çok parfümeri sanayinde kullanıldığı gibi unlu yiyecekler, alkollü ya da alkolsüz içecekler, şurup, dondurma ve şekerlemelere koku vermek amacıyla da kullanılır.

Nane (*Mentha piperita*):

Nane uçucu yağı, yapraklarından buhar distilasyonu yöntemiyle elde edilir. Uçucu yağını mentol, limonen, menton oluşturur. Nane uçucu yağı, baş ağrısı, migren, sinüzit, nezle, öksürük, boğaz enfeksiyonu, astım ve bronşitte etkilidir. Mide ve bağırsak gazlarını giderici, hazımsızlığa ve bulantıya karşı kullanılır. Varis ve hemoroit tedavisinde rahatlatıcıdır. Cildi serinletici, temizleyicidir. Böcek ve sinek kovucudur. Ayrıca diş macunu, gargara ve hazmettirici tabletlerin yapımında, şekerlemelerde, dondurma ve likör yapımında kullanılır.

Melisa (*Melissa officinalis*):

Melisa (oğul otu) uçucu yağı, yapraklarından buhar distilasyonu yöntemiyle elde edilir. Yapraklar %0.1-0.2 oranında uçucu yağ içermektedir. Uçucu yağ içinde limonen, sitral, sineol bulunmaktadır. Melisa uçucu yağı depresyon, baş ağrısı, migren tedavisinde yatıştırıcı ve ağrı kesici olarak kullanılır. Ayrıca hazmettirici, mide ve bağırsak gazlarını gidericidir.

Papatya (*Anthemis nobilis*):

Papatya uçucu yağı, çiçeklerinden buhar distilasyonu yöntemiyle elde edilir. Uçucu yağının %85 ini esterler ve azulen oluşturur. Papatya uçucu yağı, depresyon, baş ağrısı, sinirlilik, uykusuzluk, hassas ciltlerin bakımı, akne, egzama, isilik, yanık ve yaralarda kullanılır. Mide ve bağırsak gazları, ağrı, hazımsızlık, ishal, kabızlık için kullanılır. İştah açıcıdır. Kas ağrısı ve kramplara karşı da kullanılır.

SONUÇ:

Koku, insanda güzel ya da kötü hisler uyandırma, rahatlatma, iştah açma ve kapatma gibi birçok etkiye sahiptir. Tabiattaki kokuların çoğunluğunun kaynağı bitkiler olup, bir dizi biyolojik olay sonunda karmaşık kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır.

Uçucu yağlar, bitkilerden veya bitkisel droglardan, su veya su buharı destilasyonu ile elde edilen, oda sıcaklığında sıvı halde olan, fakat bazen donabilen, uçucu, kuvvetli kokulu ve yağimsı karışımlardır. Açıkta bırakıldıklarında, oda sıcaklığında bile buharlaşabildiklerinden "uçucu yağ", eter gibi uçtuklarından "eterik yağ"; güzel kokulu olmaları ve parfümeride kullanılmaları nedeniyle "esans" gibi isimlerle anılırlar.

Uçucu yağlar; kuvvetli kokulu, su buharı ile sürüklenebilen, suda çözünmeyen, organik çözücülerde kolaylıkla çözünen (petrol eteri, kloroform vb.), genelde renksiz veya açık sarı renkli, ancak uzun süre açıkta kaldıklarında renkleri koyulaşan, buharlaştıkları zaman geride kalıntı bırakmayan karışımlardır. Uzun süre saklandıklarında, ışık veya oksijenin etkisiyle uçucu yağların bazıları reçi-neleşir, kokusu ve kalitesi değişebilir bunun için de ışıktan korunmalıdırlar.

Uçucu yağlar eski çağlardan günümüze tedavide kullanılan ilaçlar arasında yer almaktadır. Halk tıbbında kullanılma amaçları esas alınarak bu ilaçlar üzerinde yapılan farmakolojik araştırmalar sonucunda bazı biyolojik etkileri bilimsel olarak açıklanmıştır. Buna karşılık ilaç ham maddesi olarak kullanılan çoğu kez bitkiden çıkarılan maddeler uçucu yağlardır. Uçucu yağlar fizyolojik etkileri nedeni ile bazen tek veya bazen de karışım şeklinde terapide kullanılmaktadırlar.

Son yıllarda sentetik kökenli maddelerin yan etkilerinin daha fazla olması, özellikle antimikrobiyal olarak kullanılan sentetik ilaçlara karşı organizmaların direnç oluşturmaları gibi sebepler doğal bitkisel kaynakların ve bu maddeleri taşıyan tıbbi bitkilerin önemini daha çok arttırmıştır. Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi, Türkiye’de de tıbbi açıdan önemli olan bitkiler, yüzyıllardan beri halk arasında hastalıkların tedavisi amacıyla kullanılmaktadır. Geleneksel tıpta kullanılan bu bitkilerin yeni antimikrobiyal bileşiklerin potansiyel bir kaynağı olarak, bilimsel açıdan araştırılmaları oldukça önemlidir. Ayrıca, doğal ürünler olmaları yanı sıra etkili ve güvenilirliklerinden dolayı doğal terapilerde (aromaterapide ve fitoterapide) ve endüstride de yaygın kullanımı nedeniyle artan tüketici talebindeki ilginin güçlenmesi de bitkisel uçucu yağlarla ilgili daha ayrıntılı çalışma gerekliliğini beraberinde getirmiştir.

Türk Kültüründe yer alan parfüm bitkileri, kullanıldıkları alanlar, bunları toplama ve yetiştirme teknikleri üzerine yapılacak olan yeni çalışmalar, günümüzde unutulmuş bazı bitkilerin yeniden keşfedilmesine ve ülke ekonomisine katkı sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR:

- Baytop T. “Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, Geçmişte ve Bugün”, İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi (1999) İstanbul.
- Baytop T. and Başer K.H.C. “On Essential Oils and Aromatic Waters Used as Medicine” in İstanbul Between 17ths. and 19th. Centuries-Başer, K.H.C., (ed.): Flavors Fragrances and Essential Oils-Proceedings of the 13th. International Congress of flavors, Fragrances and Essential Oils, (15-19 October 1995) İstanbul.
- Ceylan A. “Tıbbi Bitkiler 2 (Uçucu Yağ İçerenler)”, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, (1987), 481:188, İzmir.
- Demir A, N. “Parfüm Gerçeğine dair” <http://www.labmedya.com/parfum-gercegine-dair>. (Ağustos 2018 Erişim tarihi)
- Demir B., Timur S, S. Gürsoy R, N. “Parfümler: Formülasyonları, Dünü, Bugünü ve Yarını” Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi. Cilt 40 / Sayı 1 / (Ocak 2020= / 20-33
- Doğan H. “Koku’nun Tarihine Bir Katkı” Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 9, Sayı: 56, s. 394-411 ISSN: 2149-0821 Doi Number: <http://dx.doi.org/10.29228/Sobider.55735> (Şubat 2022). Malatya.
- Emiroğlu, K. “Gündelik Hayatımızın Tarihi” Dost Kitabevi Yayınları, (2002). Ankara.
- Genders, R. “Perfume Through the Ages”, (1972). Putnam, New York.
- Hammer K. A., Carson C.F., and Riley T. V. “Antimicrobial Activity of Essential Oils and Other Plant Extracts”, Journal of Applied Microbiology (1999) 86, 985-990.
- Kıvanç M. and Akgül A. “Antibacterial Activities of Essential Oils from Turkish Spices and Citrus”, Flavors and Fragrance Journal, (1986), 1:175-179.
- Leal-Cardoso J.H. and Fonteles M.C. “Pharmacological Effect of Essential Oils of Plants of the Northeast of Brazil.” Acad Bras Cienc, (1999) 71 (2): 207-13.
- Mouhssen L. “Methods to Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential oils.” Phytotherapy. Res. (2004) 18, 435-448.
- Nostro A., Germano M.P., D’Angelo V., Marino A. and Cannatelli M.A. “Extraction Methods and Bioautography for Evaluation of Medicinal Plant Antimicrobial Activity” Lett. Appl. Microbial, 30 (5), (2000), 79-84
- Price S. “Aromatherapy for Common Ailments.” Gaia Books Limited. (1991) London.
- Şarer E. “Uçucu Yağların Biyolojik Etkileri ve Tedavide Kullanımları”, 9. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler Kitapçığı, (1991) Eskişehir.
- Tanker M., Tanker N., Şarer E., Atası E., Şener B., Kurucu S., Meriçli F. “Result of Certain Investigation on the Volatile Oil Containing Plants of Turkey”, Essential Oils for Perfumery and Flavors, Proceedings of an International Conference, 26-30 May (1990) Antalya.

- Topal H. “Koku Kullanım Kültürü ve Türkiye’de Kolonya Ambalajı” Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul Teknik Üniversitesi. (2007) İstanbul.
- Tulukcu E. "Bitki Esansı ve Özellikleri", Arıcılık Araştırma Dergisi, 30-33 pp., (2011). Ordu
- Tulukcu E. “Essential Oil Ratio of Some Medicinal Plants cultivated in Cumra”, 2nd International Conference on Science, Ecology and Technology. (2016) Barcelona.
- Tulukcu E. “Aktarlarda Satılan Bazı Tıbbi Bitkilerin Uçucu Yağ Oranları” Sayfa: 461 11. Tarla Bitkileri Kongresi. (2015) Çanakkale/Türkiye.
- Tulukcu E. “ Odor And Perfume Plants In Turkish Culture” 3 Rd International Conference On Studies In Turkology (Icosturk’2018) 4-6 September 2018 Netherlands – Amsterdam.
- Yentürk, A. “Uygarlık ve Parfüm: Bir Yolculuğun Tarihçesi”, Kutsal Dumandan Sihirli Damlaya: Parfüm, Yapı Kredi Yayınları. (2005). İstanbul.



BÖLÜM 10

Makarnalık Buğday Üretimi ve Kalitesi

Merve Yıldız¹ & Asuman Kaplan Evlice²

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sivas, Türkiye.
Orcid ID: 0009-0001-8255-4538

² Doç. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye. Orcid ID: 0000-0002-0344-6767

GİRİŞ

Buğday, geniş adaptasyon kabiliyeti, yetiştirilmesindeki kolaylık, ekonomik olarak depolanabilir ve taşınabilir olması, besin değerinin yüksek olması yanında toplumların beslenme alışkanlıkları nedenleriyle ülkemizde olduğu gibi birçok ülkede de önemli bir yere sahiptir (Okur, 2017).

Buğdayın kökeni, Türkiye, Irak, İran, Suriye, Lübnan, Filistin ve İsrail'in bazı bölgelerini kapsayan ve "Bereketli Hilal" olarak adlandırılan bölgedir (Özberk ve ark., 2016; Şekil 1). Arkeo-botanik çalışmalar, buğday tarımının ilk kez MÖ 10.000-8.000 yılları arasında Türkiye'nin güneyindeki Şanlıurfa Göbekli Tepe'de yapıldığını ortaya koymaktadır (Dietrich ve ark., 2012). Buğday, daha sonra günümüz Rusya'sının güneyindeki topraklara (Afganistan, Türkmenistan, Özbekistan, Kazakistan ve Azerbaycan), Etiyopya'nın bazı bölgelerine, Kuzey Afrika'nın doğusuna (Mısır ve Sudan) ve Akdeniz'in kuzey kıyılarını çevreleyen bölgelere yayılmıştır. Günümüzde modern buğdayın ataları hala Türkiye, İran, Kuzey Irak ve Suriye'de yol kenarlarında bile yabani olarak yetişmektedir (Köksel ve Çetiner, 2015).



Şekil 1. Bereketli Hilal (Özberk ve ark., 2016)

Buğday, insan hayatını sosyal, ekonomik, kültürel açılardan etkilerken, insan da buğdayın evrim sürecini etkilemiştir. İlk olarak doğadan toplanan Yabani Siyez (*Triticum boeoticum*) ve Yabani Gernik (*T. dicoccoides*), zamanla doğal seçim yoluyla Anadolu’da insanların tarımını yaptığı kavuzlu buğdaylara, yani Siyez (*Triticum monococcum* L., kaplıca, iza/ıza, einkorn) ve Gernik’e (*T. dicoccum* L., kavılca, çatal siyez, gacer, emmer) evrimleşmiştir (Özberk ve ark., 2016). Yerel buğday çeşitlerinin çoğu çiftçiler ve doğa tarafından çevre koşullarına ve

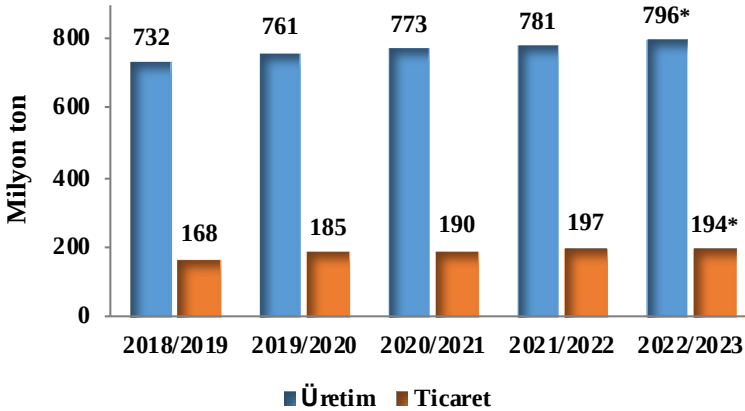
kültürel yiyeceklere uyacak şekilde seçilmiştir (Hernández-Espinosa ve ark., 2019).

Yirminci yüzyılın başına kadar kullanılan buğday çeşitleri, çoğunlukla bulundukları bölgeye iyi uyum sağlamış yerel çeşitlerdir. Islah yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte, bu yerel çeşitler modern buğday çeşitlerinin geliştirilmesinde varyasyon kaynağı olarak kullanılmıştır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra yürütülen buğday ıslah çalışmalarıyla yerel çeşitlerin yerini yüksek verimli, kısa boylu, yatmayan ve gübreye tepkisi daha fazla olan modern ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitleri almıştır (Bordes ve ark., 2008; Longin ve ark., 2016).

Kalite ve verim bakımından istenen özelliklerde buğday yetiştirmeye uygun bir ekolojiye sahip olan ülkemizde; 469 adet ekmeklik buğday (*T. aestivum* L.), 113 adet makarnalık buğday (*T. durum* Desf.), 3 adet kaplıca buğdayı (*T. monococcum* L.), 3 adet kavılca buğdayı (*T. dicoccum* L.) ve 2 adet kavuzlu buğday (*T. spelta* L.) olmak üzere toplam 590 tescilli buğday çeşidi bulunmaktadır (TTSMM, 2024).

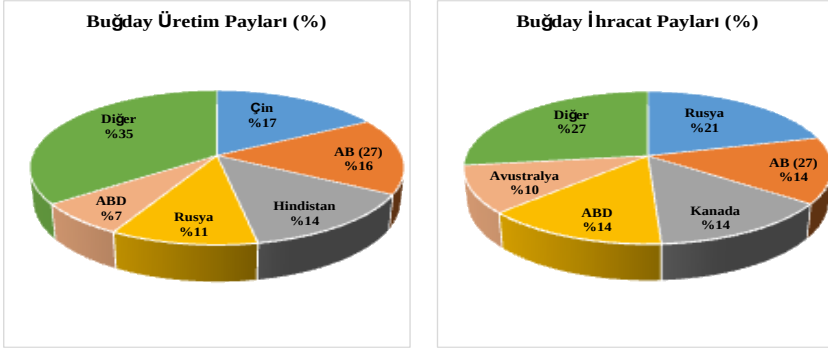
BUĞDAY ÜRETİMİ VE TİCARETİ

Buğday, dünyada temel gıda olarak önemini korumakta olup, ekmek ve makarnanın gibi buğday bazlı gıdalar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır. Bu nedenle, buğdayın dünya genelinde üretimi ve ticareti büyük önem taşımaktadır. Dünya buğday üretim ve ticaretine ait veriler 2018-2023 yılları için Şekil 2'de verilmiştir. 2021-2022 üretim sezonunda dünya buğday üretimi 781 milyon ton, buğday ticareti ise 197 milyon ton olmuştur (TMO, 2023). Dünya makarnalık buğday üretimi ise 2021-2022 yılında 40,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023).



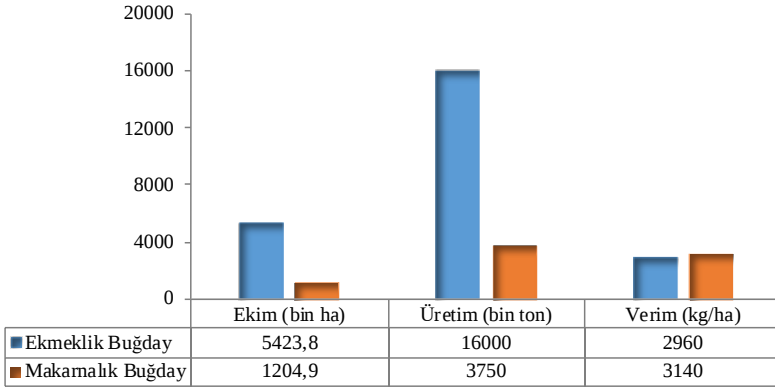
Şekil 2. Dünya Buğday Üretim ve Ticareti Verileri (*: Tahmin)

Ülkelerin buğday üretimi ve ticaretindeki payları ise Şekil 3’te verilmiştir. Şekil incelendiğinde buğday üretimi bakımından ilk sırada Çin, %17’lik pay ile ilk sırada yer almış olup, bunu AB (%16), Hindistan (%14), Rusya (%11), ABD (%7) ve diğer ülkeler (%35) izlemiştir. Ülkelerin ihracat paylarında ise ilk sırada %21’lik pay ile Rusya yer almış olup, bu ülkeyi AB (%14), Kanada (%14), ABD (%14), Avustralya (%10) ve diğer ülkeler (527) takip etmiştir (TMO, 2021). Fakat, makarnalık buğday üretiminde ülkemiz TÜİK verilerine göre 2021-2022 ürün yılında 3.150.000 ton üretim ile dünya sıralamasında 3. sırada yer almıştır (TÜİK, 2023).



Şekil 3. Ülkelerin Buğday Üretim ve İhracatındaki Payları (%)

2021-2022 üretim sezonunda Türkiye’de ~5.4 milyon ha ekmeklik, ~1.2 milyon ha ise makarnalık buğday ekilmiştir. Bu buğday türlerine ait üretim miktarları ise sırasıyla yaklaşık 16.0 milyon ton ve 3.8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ekmeklik buğdayın verimi 296 kg/da, makarnalık buğdayın verimi ise 314 kg/da olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4). Türkiye’de makarnalık buğday üretiminin yaklaşık %80’ini İç Anadolu Bölgesi ve Güneydoğu Bölgesi karşılamaktadır (TÜİK, 2023).



Şekil 4. Türkiye 2021-2022 Ekmeklik ve Makamalık Buğday Ekim, Üretim ve Verim Değerleri (TÜİK, 2023)

MAKARNALIK BUĞDAYDA KALİTE

Buğday kalitesinden kasıt kullanıma ya da ihtiyaca uygunluktur. Kalite kabaca üreticinin, sanayicinin ve tüketicinin talep ettiği özellikler bütünü olarak ifade edilmektedir. Buğdayın kalitesini tanımlarken kim tarafından ve hangi amaçla kullanılacağını değerlendirmek gerekir. Örneğin üretici için kalite, her yıl yüksek stabil verim garantisi veren çeşitler (Troccoli ve ark., 2000) iken, tohum firmaları için saflık derecesidir (Cooke, 1987). Öğütme sanayisi için kalite, yüksek camsı tane oranı, test (hektolitreye) ağırlığı ve ırmık verimidir (Matsuo ve Dexter, 1980). Makarna sanayi için kalite, yüksek ırmık proteini, gluten kuvveti, ırmık rengi ve su absorpsiyonudur (Gupta ve ark., 1994). Son grup olan tüketici için ise makarna kalitesi, renk, tat, aroma ve pişme kalitesi ile ilgilidir. Tüketici için kaliteli makarna, genellikle pişirildikten sonra yapışmayan ve tekstürünü korusun makarna olarak tanımlanmaktadır (D'Egidio ve ark., 1993). Ancak, makarnalık buğdayda kaliteyi etkileyen birçok unsur olduğu için kaliteyi sağlamak kolay değildir (Dziki ve Laskowski, 2005).

Makarnalık buğday kalitesinde aranan başlıca özellikler ise; fiziksel kalite kriterlerinin yanı sıra (Yüksel ve ark., 2011), yüksek protein miktarı ve kalitesi, sarı renk ve pişme kalitesidir (Aydoğan ve ark., 2014). Kaliteyi etkileyen ana faktörler başlıklar halinde verilmiştir.

Çeşit

Kişi başı buğday tüketiminin 199 kg/yıl olduğu ülkemizde (TÜİK, 2023), makarnalık buğday çoğunlukla makarna, bulgur, ırmik ve ekmek üretiminde kullanılmaktadır. Kaliteli bir makarnanın veya bulgurun ana kalite kriteri, hammadde olan makarnalık buğdayın kaliteli olmasıdır. Ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü (TTSM) 2024 yılı Milli Çeşit Listesine göre tescilli 113 adet makarnalık buğday çeşidi bulunmaktadır (TTSM, 2024). Bu çeşitlerin kalitesinin farklı olmasının nedeni genetik özelliklerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Buğday İçerisindeki Ekmeklik Buğday (*T. aestivum*) Oranı

Makarnalık buğdayda ekmeklik buğday türü ne kadar fazla karışırsa kalitede o oranda düşmektedir. Üstelik bu durumun değirmenlerde ayrılması da mümkün değildir.

Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliğine göre, makarna üretiminde yalnızca makarnalık buğday (*T. durum*) kullanılmalıdır. Fakat, tarladan ve hasat makinelerinden kaynaklı makarnalık buğdaya bir miktar ekmeklik buğday karışabilmektedir. Bu nedenle hazırlanan taslak tebliğe göre buğday ırmığında ve makarnada bulunabilecek ekmeklik buğday oranı en fazla %3 olarak belirlenmiştir (Anonim, 2024).

Toprak Mahsulleri Ofisi 2024 hububat alım baremine göre ise makarnalık buğday analizi yapılırken makarnalık buğday içerisinde bulunan ekmeklik buğdaylar diğer hububat olarak adlandırılır ve oranı %5-14 arası olduğunda düşük vasıflı buğday kategorisine girerken, %14'ü aştığı takdirde alım işlemi gerçekleştirilmemekte ve ürüne fiyatlandırma yapılamamaktadır (TMO, 2024).

Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre ağırlığı 100 litre buğdayın kilogram ağırlığı olup, birinci derecede sınıflandırma faktörüdür (Boyacıoğlu ve Tülbek, 2002). Tanenin büyüklüğü, yoğunluğu, dolgunluğu, şeklin ve homojenliğine göre hektolitre ağırlığı değişiklik göstermektedir. Hektolitrenin ağırlığı ile ırmik verimi arasında pozitif bir ilişki olup, hektolitre ağırlığının yüksek olması istenmektedir. Diğer buğdaylara göre makarnalık buğdayın test ağırlığı %9-10 daha fazladır (Bushuk, 1997).

Toprak Mahsulleri Ofisi 2024 Alım Baremine göre hektolitre ağırlığının 1. sınıf makarnalık buğdayda >78 kg/hl, 2. sınıf makarnalık buğdayda 76.0-77.9 kg/hl, 3. sınıf makarnalık buğdayda 74.0-75.9 kg/hl ve düşük vasıflı makarnalık buğdayda ise <74 kg/hl olması gerekmektedir (Tablo 1).

Hektolitrenin yüksek olması istenilen bir kriter iken bu kriteri etkileyen birçok unsur bulunmaktadır. Bu unsurların başında ekilen buğdayın çeşidi, toprak özelliği, yetiştirme dönemindeki iklim şartları, yabancı madde ve nem miktarı gelmektedir (Çetiner ve ark., 2021).

Tablo 2. Hektolitrenin Sınıflandırılması

Ürün	Sınıf	Hektolitrenin Ağırlığı (kg/hl)
	1	78 ve üzeri
Makarnalık	2	76.0-77.9
Buğday	3	74.0-75.9
	Düşük Vasıflı	74'ün altı

Bin Tane Ağırlığı

Buğdayın bin tanesinin gram cinsinden ağırlığıdır. Bin tane ağırlığı diğer buğdaylara göre makarnalık buğdaylarda genellikle daha yüksek olup, 30-55 gr arasında değişmektedir (Çetiner ve ark., 2021). Tane iriliği, seleksiyonda yoğun bir şekilde kullanılan fiziksel kalite parametrelerinden biridir.

Bin tane ağırlığı tanenin büyüklüğüne ve yoğunluğuna göre değişkenlik gösterirken, genetik özellikler (çeşit), çevre koşulları (iklim, toprak özellikleri vb.) ve agronomik uygulamalardan (sulama, gübreleme vb.) da etkilenen bir kalite kriteridir (Makowska ve ark., 2008). Ayrıca buğdayın un veya irmik verimini tahmin etmede hektolitrenin ağırlığından daha etkin bir ölçüttür. İri ve yoğunluğu yüksek olan tanelerde bulunan endosperm, buruşuk ve cılız tanelerde bulunana göre daha fazladır (Çetiner ve ark., 2021). İri ve ağır taneler daha fazla miktarda nişastalı endosperm, daha az oranda aleuron tabakası ve dış perikarp içerirler. Bu da tanenin bileşimine etki etmektedir (Brandolini ve ark., 2011).

Sertlik

Buğdayın en önemli fiziksel kalite özelliklerinden biri olan tane sertliği, genetik yapıya bağlı bir özelliktir ve endospermdeki nişasta ile proteinler arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Buğdayda tane sertliği, kromozom 5D'nin kısa kolundaki *Ha* gen bölgesi ile kontrol edilmektedir (Pasha ve ark., 2010). Buğday tanesinde depo proteinlerinin nişastaya yapışmasında etkili olan friabilin proteini, puroindolinler (*Pina* ve *Pinb*) olarak adlandırılan polipeptitlerden meydana gelir. Nişasta yüzeyinde bulunan friabilin proteini, yumuşak

ekmeklik buğdayda daha fazla, sert ekmeklik buğdayda ise daha az miktarda bulunmaktadır. Makarnalık buğday (AABB), D genomunu taşımadığı için tane yumuşaklığına etki eden bu gen bölgesine sahip değildir. Bu nedenle friabilin proteinini sentezlenemez ve bu durum, makarnalık buğdayların ekstra sert bir tane tekstürüne sahip olmasına yol açmaktadır (Morris ve Bhavé, 2008). Durum Latince'de "sert" anlamına gelir ve tüm buğday türleri arasında en sert olanıdır (Hare, 2017). Buğday, tanelerin sertliğine göre yumuşak, orta-yumuşak, orta-sert, sert ve ekstra sert olarak sınıflandırılmaktadır (Pasha ve ark., 2010).

Buğdayın camsılık ve sertlik değerleri ile protein içerikleri arasında pozitif ilişki bulunmaktadır. Ancak yumuşak yapıda olup yüksek proteine sahip ya da unsu yapıda olup camsı ve sert yapısı olan buğdaylarda bulunmaktadır (Çetiner ve ark., 2021).

Camsı Tane Oranı

Camsılık, makarnalık buğdayın önemli fiziksel kalite kriterlerinden birisi olup, buğday tanesi kesitinin görünüşüne göre değerlendirme yapılmaktadır. Buğday tanesinin unsu (A), dönmeli (B) veya camsı (C) olması, görsel bir olgu olup (Şekil 4), bu durum ışığın buğday endospermi ile olan etkileşimi (yansıma, kırılma gibi) sonucu oluşmaktadır. Tane kuruma sırasında su kaybederken, protein yapısında sıkışma ve kopma sonucu hava boşlukları oluşabilir. Eğer endosperm, küçük boşluklar veya kırıklar/çatlaklar içermiyorsa ve çok sıkı bir mikro yapıya sahipse camsı bir görünüm kazanmaktadır; aksi takdirde unsu veya dönmeli (camsı-unsu karışımı) bir görünüm sergilemektedir (Elgün, 2021).



Şekil 4. Tanenin Unsu (A), Dönmeli (B) ve Camsı (C) Yapısı (Sieber ve ark., 2015)

Danenin camsılığı ile sertliği arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Dziki ve Laskowski, 2005). Camsılığın ve sertliğin temel nedenleri birbirinden farklı olsa da, eski literatürde aralarındaki ilişki nedeni ile sertlik ve camsılık bazen eş anlamlı iki terim olarak kullanılmıştır. Genellikle camsı taneler, sert ve yüksek protein içeriğine sahip iken, unsu taneler tam tersi yumuşak ve düşük protein içeriğine sahiptir. Çok sık olmamakla birlikte aksi durumlar da söz konusu olabilir (Elgün, 2021).

Makarnalık buğdaylarda önemli bir kalite kriteri olan camsılık oranı tanenin öğütme ve makarnanın pişme kalitesi üzerine etki etmektedir. Genel olarak camsılık oranı arttıkça daha fazla irmik ve daha az un elde edilmektedir. Artan camsılık oranı ile makarnanın pişme kalitesi de artmaktadır (Aktan ve Atlı, 1993).

Camsı tane oranı, genetik ve özellikle çevre koşullarından oldukça etkilenmektedir. Toprakta alınan azot miktarı arttıkça camsılık oranı da artmaktadır (Melik, 2014).

Makarnalık buğdayda camsılık, tanedeki protein birikiminin çokluğuna işaret sayıldığından kalite ve fiyat değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. TMO 2024 Hububat Alım Baremi kriterlerine göre dönmeli tane sınıflandırılması Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Dönmeli Tane Sınıflandırılması

Ürün	Sınıf	Dönmeli Tane Oranı (%)
Makarnalık Buğday	1	0-27
	2	28-35
	3	36-50
	Düşük Vasıflı	50’nin üzeri

Renk

Tüketiciler parlak sarı renkte makarna ve bulgur tercih ettiğinden, parlak sarı renk önemli bir kalite kriteridir. Buğdaya sarı rengi veren bileşikler ise karotenoidlerdir. Karotenoidler, bitkilerin ve hayvanların birçok temel işlevinde rol oynayan yağda çözünen pigmentlerdir. Ayrıca, hücreleri serbest radikaller ve oksijen iyonlarına karşı koruyarak antioksidan etki gösterirler (Adom ve Liu, 2003; Hidalgo ve Brandolini, 2017).

Buğdayda karotenoid grubu pigmentleri α -karoten, β -karoten, lutein ve zeaksantin oluşturmakta olup, bu pigmentlerin büyük bir kısmı (>%90) luteinden meydana getirmektedir (Abdel-Aal ve ark., 2007). Pigment miktarı buğday türüne ve çeşidine göre değişmekle birlikte, genellikle ekmeklik buğdaylara (lutein: 0.69-2.01 $\mu\text{g/g}$) kıyasla makarnalık buğdaylarda (lutein: 2.01-4.56 $\mu\text{g/g}$) daha yüksektir (Ziegler ve ark., 2016).

Sarı pigment miktarının yüksek oranlarda (%64.2-89.4) genotipik etki altında olduğu tespit edilmiştir (Bilgin ve ark., 2010; Sakin ve ark., 2011; Mohammed ve ark., 2012). Renk, genotip yanında partikül boyutu (Hidalgo ve ark., 2014), lipoksigenaz enzim aktivitesi (Hidalgo ve Brandolini, 2012), öğütme ve depolama koşulları (Hidalgo ve Brandolini, 2008) gibi faktörlerden de etkilenmektedir.

Renk, makarnalık buğday ıslah çalışmalarında erken kademelerden itibaren belirlenip değerlendirilir. TMO makarnalık buğday alımlarında ve TSE standartlarında renk ile ilgili bir parametre bulunmamasına rağmen, makarna ve bulgur endüstrisinde renk mutlaka dikkate alınmaktadır.

Kül Miktarı

Hububat ve ürünlerinin yakma işlemi sonucunda geriye kalan mineral maddelerinin oluşturduğu kalıntı kül içeriği olup, öğütme için önemli bir parametredir (Çetiner ve ark., 2021). Kül, esas olarak kepekte yoğunlaştığı için, irmik verimi arttıkça kül miktarı da artmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliğine göre sade makarnada kül miktarı kuru maddede en çok %1 olmalıdır (TGM, 2024).

Protein Miktarı ve Kalitesi

Buğdayların protein miktarı %6-22 arasında değişmekte ve genelde protein miktarı ile tane verimi arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır (Shewry ve ark., 2013). Tane protein içeriğindeki varyasyon büyük ölçüde buğday çeşidine, yetiştirme koşullarına, toprak verimliliğine ve gübreye, özellikle de azota bağlıdır (Carson ve ark., 2009). Tane protein miktarı üzerine genotip Hidalgo ve Brandolini (2017) tarafından, azot gübrelemesi ise Shewry ve arkadaşları (2013) tarafından daha etkili bulunmuştur. Buğdayların protein miktarı üzerine genotipxçevre interaksyonu da etkili olmakla birlikte, protein miktarı için geniş bir kalıtım derecesi (0.29-0.91) hesaplanmıştır (Longin ve ark., 2016).

Buğday ve ürünlerinin ticaretinde önemli bir kriter olan protein oranı, buğdayın hangi amaç için kullanılacağını kararlaştırmada önemli bir faktördür. Protein miktarı ve kalitesi, unun fizikokimyasal özellikleriyle yakından ilişkilidir. Protein

miktarı ve kalitesi, gluten kuvveti ve su absorpsiyonu gibi çeşitli parametrelerle korelasyon göstermektedir (Çetiner ve ark., 2021).

Buğday gluteni ilk defa 1728 yılında Beccari tarafından izole edilmiş ve buğday proteini dört tip fraksiyona ayrılmıştır; albuminler, globulinler, prolaminler (gliadin) ve glutelinler (glutenin) (Wrigley, 2010). Buğday ununda, gliadin ve gluteninden oluşan gluten, toplam proteinlerin yaklaşık %80'ini temsil etmektedir (Hoseney ve ark., 1969; Shewry ve ark., 2009). Gluteninler polimerik proteinlerdir ve hamurun mukavemetine ve elastikiyetine katkıda bulunurken, gliadinler monomerik proteinlerdir ve hamur viskozitesinden ve uzayabilirliğinden sorumludur. Bu nedenle gluten, hamura su absorpsiyonu, viskozite ve elastikiyet sağlayarak pişirme kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır (Wieser ve ark., 2009).

Makarnanın pişme kalitesini protein doğrudan etkilediği için miktar olarak yüksek olması istenmektedir (Troccoli ve ark., 2000). Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliğine göre sade makarnada protein miktarı en az %10.5 (KM) olmalıdır (TGK, 2024).

Makarnalık buğdayın fiyatlandırılmasında ve sınıflandırılmasında protein oranı önemlidir. TMO 2024 Hububat Alım Baremi kriterlerine göre protein değerlendirmesi ve sınıflandırılması Tablo 3'te gösterilmiştir. TMO hububat alımında en önemli kriter olan protein değerine göre sınıflandırarak depolama yapmaktadır.

Tablo 4. Protein Sınıflandırılması

Ürün	Sınıf	Protein Oranı (%)
Makarnalık Buğday	1	13.5 ve üzeri
	2	12.5-13.4
	3	11.5-12.4
	Düşük Vasıflı	11.5'in altı

SONUÇ

Türkiye makarnalık buğday üretimi yanında bu buğdaylardan üretilen makarna ve bulgur üretimi ve ihracatı açısından dünyada önemli bir yere sahiptir. Ülkemizin özellikle makarna ve bulgur ihracatı nedeniyle toplam buğday kullanım düzeyi, üretim düzeyinden fazladır. Kaliteli buğday üretimi ile dış pazardaki payımızı daha da artırmamız mümkün olabilecektir. Kaliteli buğday üretimi için yetiştirme tekniklerinin iyileştirilmesi ve verimin artırılmasına paralel olarak, farklı ekolojilere uygun stabil kalite özelliklerine sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla ıslah çalışmalarında makarna ve bulgur endüstrisinin istediği kalite özelliklerine sahip yüksek verimli yeni çeşitlerin geliştirilmesi oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Aal, E.S.M., Young, J.C., Rabalski, I. Hucl, P., Fregeau-Reid, J. (2007). Identification and quantification of seed carotenoids in selected wheat species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 787-794
- Adom, K.K., Sorrells, M.E., Liu, R.H. (2003). Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(26): 7825-7834. <https://doi.org/10.1021/jf0304041>
- Aktan, B., Atlı, A. (1993). Çakmak 79 ve Kunduru 1149 makarnalık buğday çeşitlerinin makarna pişme kalitesine azotlu gübre uygulamasının etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 2(1): 37-49
- Anonim, (2024). Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği Taslağı. <https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Duyuru/460/Mevzuat-Taslagi-Tgk-Makarna-Ve-Irmik-Tebbligleri>, (Erişim Tarihi: 10.11.2024)
- Aydoğan, S., Şahin, M., Aycacık, A., Türköz, M. (2014). İleri makarnalık buğday hatlarının farklı çevrelerde verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 14(4): 23-31
- Bilgin, O., Korkut, K.Z., Başer, I., Dağlıoğlu, O., Ozturk, I., Kahraman, T., Balkan, A. (2010). Variation and heritability for some semolina characteristics and grain yield relations in durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* 6: 301-308
- Bordes, J., Branlard, G., Oury, F.X., Charmet, G., Balfourier, F. (2008). Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. *Journal of Cereal Science* 48: 569-579. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.05.005>
- Boyacıoğlu, M.H., Tülbek, M.Ç. (2002). Makarnalık buğday kalitesine bir bakış. *Hububat 2002-Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi* 17-24
- Brandolini, A., Hidalgo, A., Plizzari, L., Erba, D. (2011). Impact of genetic and environmental factors on einkorn wheat (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) polysaccharides. *Journal of Cereal Science* 53: 65-72
- Bushuk, W. (1997). Wheat Breeding for End-Product Use. In *Wheat: Prospects for Global Improvement: Proceedings of the 5th International Wheat Conference*, 10-14 June, 1996, Ankara, Turkey (pp. 203-211)
- Carson, G.R., Edwards, N.M. (2009). Criteria of Wheat and Flour Quality. In: Khan, K., Shewry, P.R. (eds) *Wheat: Chemistry and Technology* (pp 97-118). AACCI International, Inc. St. Paul, MN, USA
- Cooke, R.J. (1987). The classification of wheat cultivars using a standard reference electrophoresis method. *Journal of the National Institute of Agricultural Botany*, 17, 273-281

- Çetiner, B., Acar, O., Şanal, T., Köksel, H. (2021). Hububat ve Hububat Ürünlerinde Kalite Değerlendirme. In: Köksel, H., Acar, O., Çeriner, B., Köksel, F. (eds) Hububat Bilimi ve Teknolojisi. *SİDAS*, pp 269-290, ISBN: 978-605-5267-86-5
- D'Egidio, M. G., Mariani, B. M., Nardi, S., Novaro, P. (1993). Viscoelastograph measures and total organic matter test: Suitability in evaluating textural characteristics of cooked pasta. *Cereal Chemistry* 70: 67-72
- Dietrich, O., Heun, M., Notroff, J., Schmidt, K., Zarnkow, M. (2012). The role of cult and feasting in the emergence of Neolithic communities. New evidence from Göbekli Tepe, South-Eastern Turkey. *Antiquity* 86: 674-695. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00047840>
- Dziki, D., Laskowski, J. (2005). Influence of selected factors on wheat grinding energy requirements. *Teka Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture* 5: 56-64
- Elgün, A. (2021). Hububatta Tane Yapısı. In: Köksel, H., Acar, O., Çeriner, B., Köksel, F. (eds) Hububat Bilimi ve Teknolojisi. *SİDAS*, pp 31-50, ISBN: 978-605-5267-86-5
- Gupta, R.B., Paul, J.G., Cornish, G.B., Palmer, G.A., Bekes, F., Rathjen, A.J. (1994). Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1, of common wheats. I. Its additive and interaction effects on dough properties. *Journal of Cereal Science* 19(1): 9-17
- Hare, R. (2017). Durum Wheat: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. In: Wrigley, C., Batey, I., Miskelly, D. (eds) Cereal Grains, Assessing and Managing Quality. *Elsevier*, United Kingdom, pp 135-152
- Hernández-Espinosa, N., Payne, T., Huerta-Espino, J., Cervantes, F., Gonzalez-Santoyo, H., Ammar, K., Guzmán, C. (2019). Preliminary characterization for grain quality traits and high and low molecular weight glutenins subunits composition of durum wheat landraces from Iran and Mexico. *Journal of Cereal Science*, 88, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.05.007>
- Hidalgo, A. Brandolini, A. (2008). Kinetics of carotenoids degradation during the storage of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) and breadwheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 11300–11305
- Hidalgo, A. Brandolini, A. (2012). Lipxygenase activity in whole meal flours from *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*. *Food Chemistry* 131: 1499–1503
- Hidalgo A, Brandolini A (2017) Nitrogen fertilisation effects on technological parameters and carotenoid, tocol and phenolic acid content of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*): A two-year evaluation. *Journal of Cereal Science* 73:18-24

- Hidalgo, A., Fongaro, L., Brandolini, A. (2014). Wheat flour granulometry determines colour perception. *Food Research International* 64: 363-370
- Hoseney, R.C., Finney, K.F., Shogren, M.D., Pomernaz, Y. (1969). Functional (bread making) and biochemical properties of wheat flour components. III. Characterisation of gluten protein fractions obtained by ultracentrifugation. *Cereal Chemistry* 46: 126-135
- Köksel, H., Cetiner, B. (2015). Future of grain science series: Grain science and industry in Turkey: past, present, and future. *Cereal Foods World* 60: 90-96. <https://doi.org/10.1094/CFW-60-2-0090>
- Longin, C. F. H., Ziegler, J., Schweiggert, R., Koehler, P., Carle, R., Würschum, T. (2016). Comparative study of hulled (einkorn, emmer, and spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): Agronomic performance and quality traits. *Crop Science* 56(1): 302-311
- Makowska, A., Obuchowski, W., Sulewska, H., Koziara, W., Paschke, H. (2008). Effect of nitrogen fertilisation of durum wheat varieties on some characteristics important for pasta production. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 7(1): 29-39
- Matsuo, R.R., Dexter, J.E. (1980). Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. *Canadian Journal of Plant Science* 60(1): 49-53
- Melik, M. (2014). Bazı yerel ve tescilli makarnalık buğday çeşitlerinin verim unsurları, bulgur kalitesi ve randımanının incelenmesi. MSthesis, Mustafa Kemal University, Hatay, Turkey
- Mohammed, A., Geremew, B. Amsalu, A. (2012). Variation and associations of quality parameters in Ethiopian durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) genotypes. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 6(1): 17-31
- Morris, C.F., Bhawe, M. (2008). Reconciliation of D-genome puroindoline allele designations with current DNA sequence data. *Journal of Cereal Science* 48:277-287
- Okur, Y. (2017). Ekmeklik buğday kalitesini değerlendirmede kullanılan kimyasal ve fiziksel özelliklerin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara
- Özberk, İ., Atay, S., Altay, F., Cabi, E., Özkan, H., Atlı, A. (2016). Türkiye'nin Buğday Atlası. WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), İstanbul, Türkiye
- Pasha, I., Anjum, F.M., Morris, C.F. (2010). Grain hardness: A major determinant of wheat quality. *Food Science and Technology International* 16(6): 511-522
- Sakin, M., Sayaslan, A., Duzdemir, O., Yuksel, F. (2011). Quality characteristics of registered cultivars and advanced lines of durum wheats grown in different ecological regions of Turkey. *Canadian Journal of Plant Science* 91(2): 261-271

- Shewry, P.R., D'ovidio, R., Lafiandra, D. Jenkins, J.A., Mills, E.N.C., Békés, F. (2009) Wheat Grain Proteins. In: Khan, K., Shewry, P.R. (eds) *Wheat Chemistry and Technology*, 4rd edn., AACC International, St. Paul, MN, pp 223-298
- Shewry, P.R., Hawkesford, M.J., Piironen, V., Lampi, A.M., Gebruers, K., Boros, D., ... & Ward, J.L. (2013). Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(35): 8295-8303
- Sieber, A.N., Würschum, T., Longin, C.F.H. (2015). Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat. *Journal of Cereal Science* 61: 71-77
- TGK, (2024). Türk Gıda Kodeksi Makarna Tebliği (Tebliğ No: 2002/20). <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=40437&Mevzuat-Tur=9&MevzuatTertip=5>, (Erişim Tarihi: 10.11.2024)
- TMO, (2023). T.C. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü 85. Hesap Dönemi Faaliyet Raporu 22. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/maliisler/2022faaliyetraporu.pdf>, (Erişim Tarihi: 27.10.2023)
- TMO, (2024). 2024 Dönemi Makarnalık Buğday Alım Baremi. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/alim/2023/hubalimbaremi.pdf>, (Erişim Tarihi: 10.11.2024)
- Troccoli, A., Borrelli, G. M., De Vita, P., Fares, C., Di Fonzo, N. (2000). Mini review: durum wheat quality: a multidisciplinary concept. *Journal of Cereal Science* 32(2): 99-113
- TTSM, (2024). Milli Çeşit Listesi. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx? SayfaId =85>, (Erişim Tarihi: 10.11.2024)
- TÜİK, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 25.10.2023)
- Wieser, H., Mueller, K.J., Koehler, P. (2009). Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines. *European Food Research and Technology* 229: 523-532
- Wrigley CW (2010) Cereal-Grain Morphology and Composition. In: Wrigley, C.W., Batey, I.L. (eds) *Cereal Grains Assessing and Managing Quality*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, pp 24-44
- Yüksel, F., Koyuncu, M., Sayaslan, A. (2011). Makarnalık buğday (*Triticum durum*) kalitesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* (2): 5-31
- Ziegler, J.U., Schweiggert, R.M., Würschum, T. Longin, C.F.H., Carle, R. (2016). Lipophilic antioxidants in wheat (*Triticum* spp.): A target for breeding new varieties for future functional cereal products. *Journal of Functional Foods* 20: 594-605



BÖLÜM 11

Döl Verim Parametrelerinden Servis Periyodunun Süt Sığırıcılığı İşletmelerinin Gelir ve Giderlerine Etkisinin Belirlenmesi

Hakan İmamoğlu¹ & Duygu Aktürk²

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkesir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, ORCID: 0000-0002-9565-7368,

² Prof.Dr.,Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
ORCID: 0000-0002-5457-7687

1. Giriş

Süt sığırcılığında işletme gelirini etkileyen iki temel faktör vardır. Bunlardan birincisi süt geliri olup tüm işletme gelirleri içinde en büyük payına sahiptir. Diğer gelir kaynağı ise buzağı geliridir. Buzağı geliri, hayvanların doğumlarından ve çağ değişiminden, yani büyümelerinden kaynaklanan gelir artışıdır. Bu iki gelir süt hayvancılığı yapan işletmenin ana gelir kaynaklarını oluşturmaktadır.

Süt ve buzağı gelirlerini artırmak için güçlü çiftlik yönetimi esastır. Çünkü üretim dengeli bir şekilde yönetilmeli ve süt veriminin yanı sıra işletmenin devamlılığı ve uzun ekonomik ömür için döl verimliliği yakından izlenmelidir. Ayrıca daha yüksek süt verimi için seleksiyon fırsatı döl verimliliğinin sağlanmasıyla mümkün olabilecektir (Uygur, 2004). Üreme etkinliğinin % 100 olduğu bir sürüde tüm ineklerin her yıl bir buzağıya sahip olması beklenmektedir (Ata, 2013a).

Süt sığırı işletmesi üreme verimliliği ile ilgili bazı önemli kararlar almak zorundadır. Bu kararlar özellikle gelir üzerinde önemli bir etkiye sahip olan üreme ve sürü yenileme politikalarıdır. (Dijkhuizen et al., 1985) Üreme verimliliğini ve işletmenin karlılık seviyesini korumak için döl verim yönetimi belirleyici bir rol oynamaktadır (Dinc, 2015; Dinç, 2020). Döl verim parametrelerini optimum seviyelerde tutmak; süt verimliliğini ve geliri artırır iken , sürü yenileme ve yetiştirme maliyetlerinde iyileştirmeler sağlamaktadır (Cabrera, 2014a, 2014b)

Ancak bazı döl verim parametreleri kontrol edilebilirken , bazılarının kontrolü oldukça zordur. Döl verim parametreleri, işletme sahibinin bilgisi dahilinde optimum seviyelerde tutulmaya çalışılır veya işletme sahibinin belirlediği yetiştirme yöntemine uygun değerlerde tutularak işletmenin gelirinin maksimize edilmesi hedeflenmektedir.

Döl verim parametrelerinden biri olan Servis Periyodu ; İneklerin buzağılama tarihi ile bir sonraki gebe kalma tarihi arasındaki periyodu ifade etmektedir. Buzağılama aralığının 12 ay civarında olması, yani her yıl bir buzağı olması için buzağılamadan sonra servis periyodunun 80 gün olması gerekir. (Ata, 2013b; Bar-Anan & Soller, 1979; Esra vd., 2013; Kumlu & Akman, 1999; Uğur, 2014; Varner vd., 2007) Servis periyodu 80-110 gün arasında olduğunda mükemmel, 145 günü geçtiğinde ise sorunlu olarak değerlendirilmektedir (Duru & Tuncel, 2004; Nebel R., 1995; Nebel & McGilliard, 1993).

Kontrol edilebilen üreme parametrelerinden biri olan servis periyodunun uzatılması, işletme sahibinin kontrolü altında gerçekleştirilebilir. Servis periyodu uzatılırsa laktasyon süresi uzar ve laktasyon süresince alınan toplam süt miktarı

artar. Ancak laktasyon süresi uzadıkça buzağılama aralığı da uzamaktadır. Bu da hayvanların büyümesiyle birlikte ortaya çıkacak çağ değişimi gelir artışlarını erteleyecek ve süt sığırları uzayan laktasyon süresince daha fazla yem tüketmeye devam edecektir. Yani uzayan laktasyon süresince süt verimi artarken, yüksek yem tüketimi devam edecek ve buzağılama ve çağ değişimi gelirlerinden fedakârlık yapılacaktır.

Süt sığırcılığında yapılan araştırmalar, servis periyodunun optimum süreden daha uzun olması durumunda ekonomik kayıpların yaşandığı bildirmektedir (Dijkhuizen vd., 1985), tarafından yapılan bir çalışma uzayan bir günlük servis periyodunun gelirden 25-70 sentlik bir azalmaya sebep olduğu, (Smith & Becker, 1996)'nın çalışmasında bu kaybın 1-2 Hollanda guldeni olduğu, (Kossa1bati & Esslemont, 1997) 'nin çalışmasında 90 günden fazla servis periyodu süresinin inek başına günde 2 ila 5 \$ ek maliyete yol açacağı bulunmuştur. Ülkemizde de yapılan çalışmalarda da benzer miktarlarda ekonomik kayıplar gözlemlenmiştir ((Ata, 2013a; Esen, 2019; Kaygisiz & Elmaz, 2008; Kumuk vd., 1999; Sariözkan vd., 2012).

Ekonomik kayıpların belirlenmesinde karşılaşılan temel sorunlardan biri, sürünün zaman içinde nasıl şekilleneceğinin bilinmemesidir. Döl verim oranı, dişi-erkek oranı, buzağı ölüm oranı, düve, tosun ve inek gibi farklı yaş gruplarındaki ölüm oranları, satılan hayvanlar ve yıllık sürüden çıkarma oranı gibi parametreler, sürünün ekonomik ömrü boyunca nasıl değişeceğini belirleyen unsurlardır.

Çalışmamızda, servis periyodu süresi dışındaki tüm kriterler sabit tutularak, sürünün ekonomik ömrü sonunda meydana gelen değişimler belirlenecektir. Böylece laktasyondaki, kuru dönemdeki ve diğer yaş gruplarındaki hayvanların sürüde geçirdikleri gün sayıları hesaplanacak, toplam süt üretim miktarı ve her döneme ait yem giderleri detaylı bir şekilde belirlenecektir. Ayrıca ekonomik ömür sonundaki sürü varlığının modellenmesi sayesinde sadece buzağı gelirini değil, aynı zamanda çağ değişiminden kaynaklanan gelirlerde dikkate alınarak daha kapsamlı bir ekonomik analiz yapılmaya çalışılacaktır.

2. Materyal ve Yöntemler

Çalışmanın materyalini, on dokuz aylık 100 adet süt ineği olan iki farklı sanal işletme oluşturacaktır. Bu iki farklı sanal süt sığırı işletmesinin; Servis periyodu süresi hariç, ilk doğum ayı, sürüden çıkarma oranı ,doğum oranı, erkek/dişi doğum oranı, tüm çağlara ait ölüm oranları, satış oranları gibi diğer tüm değişkenler sabit tutularak servis periyodunun sürü sonu varlığındaki değişime etkisi gözlemlenecektir. İlk sürünün Servis Periyodu; yılda bir buzağı hesabına göre 80 gün, ikinci sanal sürünün servis periyodu ise 140 gün olarak belirlenecektir. Döl ve

verim parametreleri haricinde ahır, bina, elektrik, işçilik, makine , bakım, amortisman (inek amortismanı hariç) giderlerinin de aynı olduğu varsayılacaktır.

Bu araştırmada sistem dinamiği modellemesi kullanılacaktır. Sistem dinamiği modelleme yaklaşımı son yıllarda tarım ve hayvancılık alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Atzori vd., 2023; Kebreab vd., 2019; Menendez vd., 2023; Shahsavari-Pour vd., 2023; Turner vd., 2016). Ayrıca Sistem dinamiği yaklaşımının; stok ve akış diyagramları ile popülasyon grupları arası geçişleri belirlemek için kullanılması (Sterman.J, 2000) süt ineklerinin yaşam döngüsünü simüle etmemizde tercih etme nedenlerinden biri olmuştur.

Modelin çalışması için öncelikle başlangıç ve bitiş noktalarının tanımlaması gerekmektedir. Başlangıç noktamız, verilerin alındığı veya tüm değişkenlerin belirlendiği noktadır.

Bu araştırmada kullanılan modelleme süreçlerinde, sistem dinamiği modelinin oluşturulmasında Vensim paket programının akademik amaçlar için ücretsiz olarak sunduğu PLE sürümünden yararlanılmıştır. Vensim, stok-akış diyagramları ve geri besleme döngüleri gibi dinamik sistemlerin bileşenlerini etkin bir şekilde simüle etmeye olanak tanıyan bir modelleme platformudur. Vensim programı aracılığıyla popülasyon grupları arasındaki geçişleri ve bu geçişlerin sistem üzerindeki etkilerini izlememiz kolaylaştırmaktadır. Ayrıca iki farklı servis periyodu süresinin sürünün zaman içinde değişimine etkileri programın görselleştirme araçları ile daha net gözlemlenebilmektedir.

Simülasyonda ve Stok-Akış Diyagramında karmaşıklığı gidermek ve kullanılan formüllerin daha kolay anlaşılabilmesi için kullanılan kısaltmalar ve program için de kullanılan fonksiyonlar aşağıdaki tabloda açıklanmıştır.

Simüle Edilecek Süt Çiftliklerine Ait Stok Akış Değişkenlerinin Kısaltma ve Açıklamaları

Değişken İsmi	Açıklama
VENSİM	Sistem dinamiği yazılımı
PULSE TRAIN	Belirli zaman aralıklarında düzenli olarak tekrarlanan olayları tasarlamak için kullanılan VENSİM yazılımına ait bir fonksiyondur.
INTEG	VENSİM yazılımında zamana bağlı birikimini hesaplamak için kullanılan bir fonksiyondur.
DO-Doğum Oranı	İneklerin doğum oranları
BD-Buzağı Doğumu	Doğan Buzağı sayısı
EDO- Erkek Dişi Oranı	Doğan Buzağının erkek veya dişi olma oranı
DB-Dişi Buzağı	0-6 aylık dişi sığırlar
EB- Erkek Buzağı	0-6 aylık erkek sığırlar
DD-Dişi Dana	6-12 Aylık Dişi sığır
ED-Erkek Dana	6-12 Aylık Erkek sığır
TSN-Tosun	12-18 Aylık Erkek sığır

DV-Düve	12-18 Aylık Dişi sığır
İN-İnek	19 ay ve üstü dişi sığır
BOS-Boğa	19 ay ve üstü erkek sığır
ÇD1-ÇD2-ÇD3-ÇD4-Çağ Değişimi	Çağ Değişimi Buzağı-Çağ Değişimi Dana-Çağ Değişimi Düve -Çağ Değişimi Tosun
EÖ- Ekonomik Ömür	Süt Sığırlarının ekonomik olarak verimli oldukları dönem
SV- Süt Verim	Laktasyon Süresince verdikleri toplam süt miktarının , laktasyon süresine bölümü ile bulunan günlük süt verimi
BA- Buzağılama Aralığı	İneklerin birbirini izleyen buzağılamaları arası geçen süre (gün)
LS- Laktasyon Süresi	İneğin doğum yaptıktan sonra süt ürettiği dönem
SP- Servis Periyodu	İneğin doğum yaptıktan sonra tekrar gebe kalması için geçen süre
GS- Gebelik Süresi	İneklerin gebelik süresi (280 gün)
TLS- Toplam Laktasyon Süresi	Sağılan inek sayısı x Laktasyon Süresi
SİS- Sağılan İnek Sayısı	Laktasyon döneminde olan ineklerin sayısı
SÇO-Sürüden Çıkarma Oranı	Ekonomik ömrünü tamamlaması nedeniyle sürüden çıkarılan ineklerin toplam inek sayısına oranı
SAİS-Sürüden Ayrılan İnek Sayısı	Yılda bir Sürü Ayıklama Oranınca sürüden kasaplığa ayrılan inek sayısı
KD-Kuru dönem	İneğin laktasyon süresi sona erdikten sonra doğuma kadar geçen ve doğuma hazırlık dönemi (gün)
ÖO1-ÖO2-ÖO3- ÖO4 -ÖO5-ÖO6 Ölüm Oranı	Bir yıl içerisinde ölen sığırların sayısının o dönem başındaki sığır sayısına oranı (1-Buzağı 2-Dana 3-Düve 4-Tosun 5-İnek 6-Boğa)
SO1-SO2-SO3-SO4 SO5- SO6 Satış Oranı	Bir yıl içerisinde satılan sığırların sayısının o dönem başındaki sığır sayısına oranı (1-Buzağı 2-Dana 3-Düve 4-Tosun 5-İnek 6-Boğa)
FINAL TIME =EÖ	Ekonomik Ömür
İBA-İlk Buzağılama Ayı	İneklerin ilk doğum yaptıkları ay
BİS-Başlangıç İnek Sayısı	Simülasyonun başlangıcında bulunan inek sayısı
BDS-Başlangıç Düve/Tosun Sayısı	Simülasyonun başlangıcında bulunan düve/tosun sayısı
BDAS-Başlangıç Dana Sayısı	Simülasyonun başlangıcında bulunan erkek / dişi dana sayısı
BBS-Başlangıç Buzağı Sayısı	Simülasyonun başlangıcında bulunan erkek / dişi buzağı sayısı

Tablo 5 Kısaltma ve Açıklamaları

İşletmelerde Kullanılan Sabit Verim Parametreleri

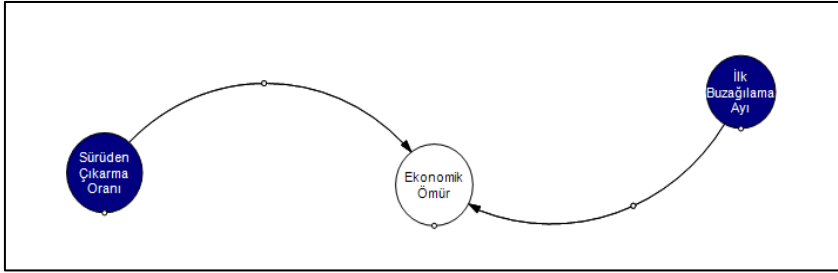
İlk Buzağı Ayı	24 Ay	Sürüden Çıkarma Oranı	%25
Doğum Oranı	%95	Süt Verimi	25 Litre
Dişi/Erkek Doğum Oranı	% 50	Erkek Buzağı Satış Oranı	% 20
Buzağı Ölüm Oranı	% 5	Erkek Dana Satış Oranı	% 20
Erkek /Dişi Dana Ölüm Oranı	% 1	Dişi Dana Satış Oranı	% 5
Düve / Tosun Ölüm Oranı	% 1	Düve Satış Oranı	% 10
İnek Ölüm Oranı	% 1	Tosun Satış Oranı	% 100
Erkek Buzağılarının % 20 si 25.000 lira tutar ile satılmaktadır (Tüm Süt Et ve Damızlık Sığır Yetiştiricileri Derneği, 2024a).			
Erkek Hayvanların tümü tosun olduğunda satılmaktadır(Ulusal Kırmızı Et Konseyi, 2024)			
Sürüden çıkarılan İnekler, Tosunlar, Düveler, Dişi ve Erkek Danalar Kesimhane de kesime gitmektedirler.			

Tablo 6 İşletmelerde Kullanılan Sabit Verim Parametreleri

Bitiş noktası ise süt ineğinin ekonomik olarak verim sağlayamadığı için sürüden çıkarılmaya karar verildiği zaman olacaktır Bitiş noktasını belirlerken, yıllık sürüden çıkarma oranı ve ilk buzağılama ayı kullanılacaktır.

Ekonomik Ömrün Hesaplanması

Şekil 1 de Ekonomik Ömür Hesaplanırken kullanılan diyagram görülmektedir. Ekonomik ömür hesaplanırken Ekonomik Ömür (EÖ) (Yıl)=(İBA)+(1/SÇO) (Economic Benefits of Rightsizing the Farm Dairy Replacements, 2024; Meadows vd., 2005) formülünden yararlanılmıştır.

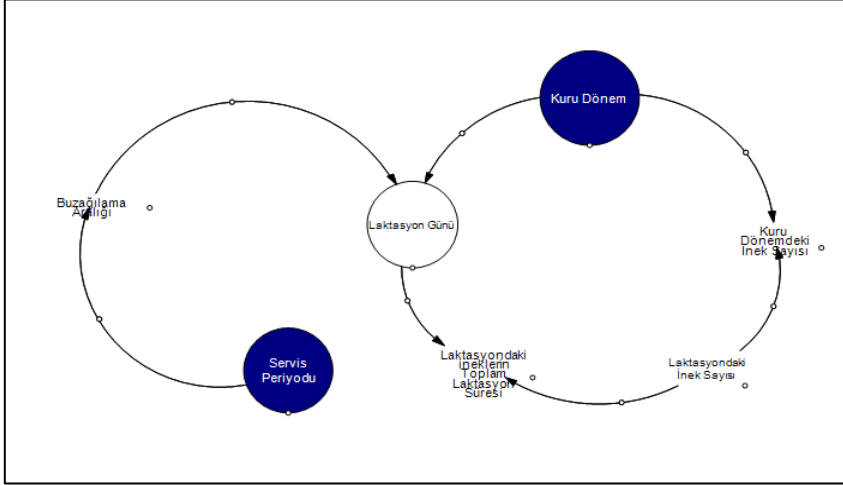


Şekil 3 Ekonomik Ömür Hesaplama Diyagramı

Buzağılama Aralığı ve Laktasyon Süresi Hesaplama

Aşağıdaki Şekil 2’de sanal süt ineği sürülerine ait Buzağılama Aralığı, Laktasyon Süresi ve Toplam Laktasyon Sürelerinin hesaplandığı diyagram görülmektedir.

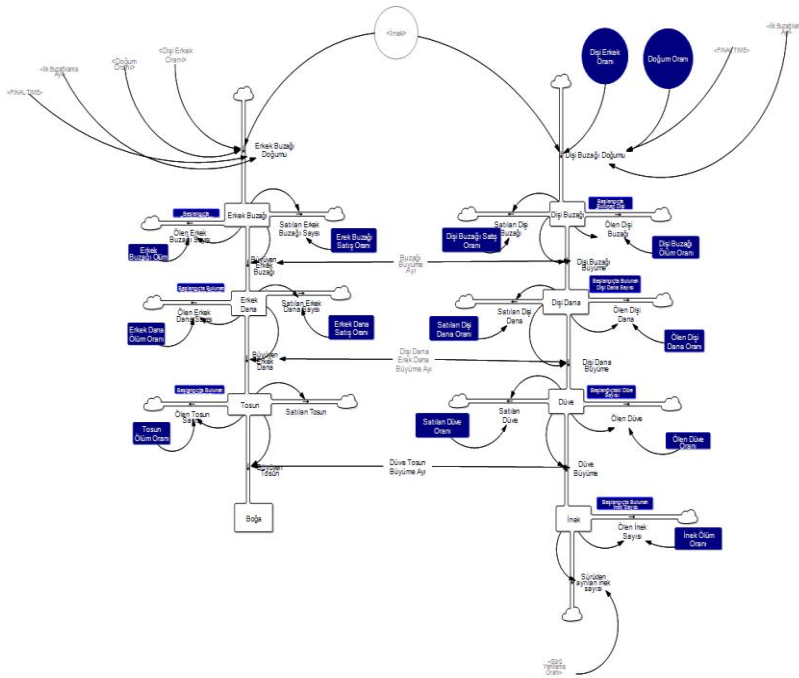
Buzağılama Aralığı, (BA) = GS + SP formülü ile, Laktasyon Süresi İ (LS) = BA-KD formülü ile Toplam Laktasyon Süresi ise (TLS)=SİS*LS formülleri ile hesaplanmıştır.



Şekil 4 Buzağılama Aralığı , Laktasyon Süresi ve Toplam Laktasyon Süresi Hesaplama Diyagramı

Süt İşletmesinde bulunan Süt İneklerine Ait Yaşam Döngüsü

Süt ineklerinin yaşam döngüsünün hesaplanabilmesi için Vensim paket programı üzerinde Süt İneklerine ait yaşam döngüsü diyagramı (Şekil 3) oluşturulmuştur. Yaşam döngüsü diyagramı süt sığırların 6., 12. ve 18. aylarda bir sonraki çağa geçecek şeklinde tasarlanmıştır. Bilindiği üzere 0-6 ay arasındaki süt sığırlarına buzağı, 6-12 ay arasındaki hayvanlara erkek veya dişi dana, 12-18 ay arasındaki dişilere düve, 12-18 ay arasındaki erkeklere tosun, 18 aydan büyük erkeklere boğa, 18 ay üstü dişilere ise inek denilmektedir. Yaşam Döngüsü diyagramında bulunan her bir çağ, stok değişkeni olarak tanımlanmış ve çağlar arasındaki değişim ise flows adı verilen akışlar ile sağlanmıştır.



12-18 ay düve/tosun sayısı , 12-18 aylık ölen düve/tosun sayısı, 12-18 aylık düve/tosun satışı ve büyüyen düve/tosun inek/boğa olması ile azalır , 6-12 yaş dişi/erkek danaların büyümesiyle artar.

$$DV=INTEG(ÇGDI-ÇD3)-SO3,BDS)$$

Süt İneği sayısı, ölen süt ineği sayısı, Satılan inek sayısı ve sürüden çıkan süt ineği sayısı ile azalır ve düvelerin büyümesi ile artar.

$$İN= INTEG ((ÇD3-SAİS-ÖO5), BİS)$$

Boğa sayısı, Ölen boğa sayısı, satılan boğa sayısı ile azalır ve tosunların büyümesiyle artar.

$$BOS= INTEG ((ÇG3-SABS,ÖO6),BBOS)$$

3. Göstergeler

Model kurulduktan sonra; Tablo 6 İşletmelerde Kullanılan Sabit Verim Parametreleri ile simülasyon çalıştırılmakta ve başlangıçta ki 100 baş inek sayısı , ekonomik ömür (EÖ) sonunda , 140 gün servis periyoduna sahip işletmede, 82 baş inek, 15 baş dişi buzağı, 15 baş erkek buzağı, 14 baş dişi dana, 9 baş erkek dana, 12 baş düve ve 1 baş tosun olmak üzere toplam 148 baş toplam kapasiteye ulaştığı , 80 gün servis periyoduna sahip işletmenin ise 95 baş inek, 20 baş dişi buzağı, 20 baş erkek uzağı, 18 baş dişi dana, 13 baş erkek dana, 16 baş düve ve 2 baş tosun olmak üzere 184 baş kapasiteye ulaştığı görülmüştür (Tablo 3).

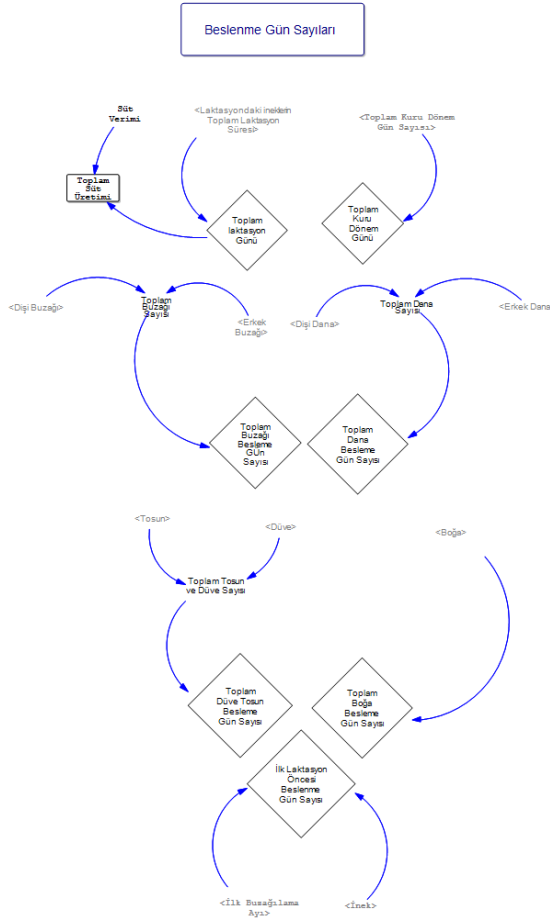
Sürü Hareketleri

Başlangıç Sürü Sayısı (1.Ay)		80 Günlük Servis periyodu ile (72. ayın sonunda)		140 Günlük Servis periyoduyla (72. ayın sonunda)	
İnek Sayısı	100	İnek Sayısı	95	İnek Sayısı	82
Dişi Buzağı	0	Dişi Buzağı	20	Dişi Buzağı	15
Erkek Buzağı	0	Erkek Buzağı	20	Erkek Buzağı	15
Dişi Dana	0	Dişi Dana	18	Dişi Dana	14
Erkek Dana	0	Erkek Dana	13	Erkek Dana	9
Düve	0	Düve	16	Düve	12
Tosun	0	Tosun	2	Tosun	1
Boğa	0	Boğa	0	Boğa	0
Toplam	100	Toplam	184	Toplam	148

Tablo 7 Sürü Hareketleri Tablosu

Beslenme Gün Sayılarının Hesaplanması

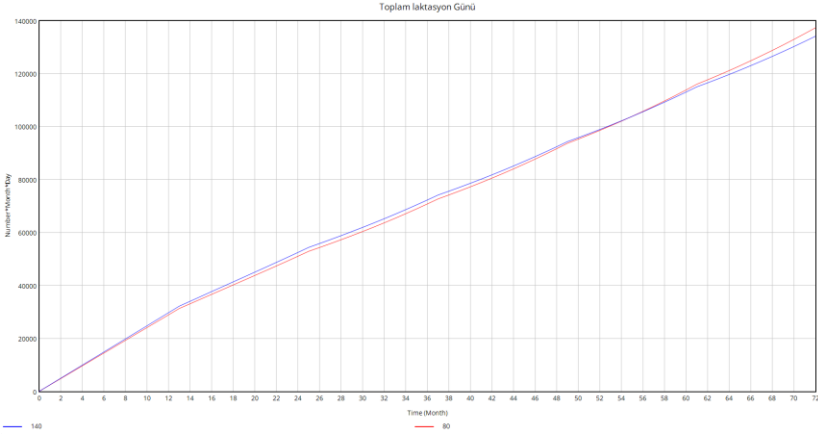
Diğer bir diyagram ise beslenme gün sayılarını bulmak için kullandığımız Beslenme Gün Sayıları diyagramımızdır. Bu diyagramda Şekil-3'teki yaşam döngüsü diyagramında sığırların her çağ döneminde geçirdikleri gün sayıları hesaplanmıştır. Çünkü süt sığırların her çağ döneminde, laktasyon döneminde ve kuru dönemde beslenmeleri farklılık göstermektedir.



Şekil 6 Beslenme Gün Sayıları Diyagramı

Toplam laktasyon gün sayısını; laktasyondaki sağılan inek sayısı ile bir ineğin laktasyonda geçirdiği gün sayısını çarparak elde ederiz. Şekil 5’de toplam laktasyon süresinin zaman içinde kümülatif olarak hareketi görülmektedir.

$$TLS = INTEG(SİS \times LS)$$



Şekil 7 Toplam Laktasyon Günleri Grafiği

Toplam kuru gün sayısını bulmak için laktasyondaki inek sayısını, bir ineğin kuruda geçireceği gün sayısı ile çarparak toplam kuru gün sayısını elde ederiz.

$$\text{Toplam Kuru Dönem Günü} = INTEG (SİS \times KD)$$

Çağlara göre besleme günlerini bulmak için, erkek/dişi buzağı sayısı, erkek/dişi dana sayısı, düve/tosun sayısı, boğa sayısının ekonomik ömür sonuna kadar geçirdiği gün sayıları toplandı.

$$\text{Buzağı Besleme Günleri Toplamı} = INTEG ((DB+EB) \times (GÜN))$$

$$\text{Dana Besleme Günleri Toplamı} = INTEG ((DD+ED) \times (GÜN))$$

$$\text{Düve Tosun Beslenme Günleri Topl} = INTEG ((DV+TSN) \times (GÜN))$$

$$\text{Boğa Beslenme Günleri Toplamı} = INTEG (BOS \times GÜN)$$

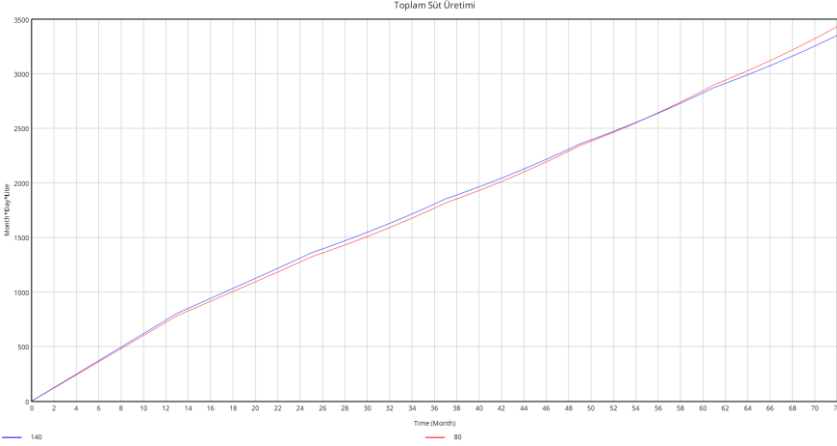
Son olarak, 18 aydan ilk doğuma kadar olan günler farklı olduğu için ayrı ayrı hesaplanarak beslenme planına uygulandı.

$$\text{İlk Laktasyon ile İlk Doğum Arası Beslenme Günleri} = INTEG(PULSE TRAIN(19, (İBA - 19), 0, İBA) * (İN \times GÜN))$$

Toplam Süt Verimi Ortalama süt verimi ile toplam laktasyon gün sayısı çarpılarak tüm ekonomik ömür boyunca üretilecek süt miktarı bulunmuştur

$$TS\ddot{U} = TLS*SV$$

Aşağıda bulunan Şekil-6 ‘da daha net görüleceği gibi 55’inci aya kadar servis periyodu 140 gün olan sürünün toplam süt üretimi daha fazla iken 55’inci ayda eşitlenmekte ve daha sonra servis periyodu 80 gün olan sürüde toplam süt üretimi artış göstermeye başlamaktadır.



Şekil 8 Toplam Süt üretimi Tablosu

Servis periyodunun 80 gün olması durumunda toplam laktasyon süresi 137.286 gün ve toplam süt üretimi 3.432.460 litre, 140 güne uzaması durumunda laktasyon günü 134.082 gün ve süt üretimi 3.352.060 litre olarak gerçekleşmiştir.

Laktasyon Günleri ve Süt Verimleri

	Servis Periyodu 80 Gün	Servis Periyodu 140 Gün
Toplam Laktasyon Günleri (Gün)	137.286	134.082
Toplam Süt Üretimi (Litre)	3.432.160	3.352.060

Tablo 8 Laktasyon Günleri ve Toplam Süt Tablosu

Beslenme Gün Sayıları diyagramındaki formüller ile süt sığırlarının 6 farklı çağ dönemindeki beslenme gün sayıları Tablo-5 de iki farklı servis periyodu süresine göre listelenmiştir. Buna göre servis periyodu 80 gün olan sürüde toplam buzağı beslenme günü 64.892 gün, toplam dana beslenme günü 44.373 gün, düve-tosun beslenme günü 21.707 gün, ilk laktasyon öncesi beslenme günü 27.457 gün, toplam laktasyon– günü 137.286 gün ve kuru dönem gün sayısı 13.599 gün ve Servis periyodu süresi 140 gün olan sürüde ise; toplam buzağı beslenme günü 52.911 gün, toplam dana beslenme günü 36.301 gün, düve-tosun

beslenme günü 18.359 gün, ilk laktasyon öncesi beslenme günü 27.457 gün, toplam laktasyon günü 134.082 gün ve kuru dönem gün sayısı 13.599 gün olarak hesaplanmıştır.

Toplam Beslenme Günleri

	80 Gün Servis Periyodu	140 Gün Servis Periyodu
Toplam Buzağı Besleme Günleri	64.892	52.911
Toplam Dana Besleme Günü	44.373	36.301
Toplam Düve-Tosun Besleme Günü	21.707	18.359
İlk Laktasyondan Önce Beslenme	27.457	27.457
Toplam Laktasyon Günleri	137.286	134.082
Toplam Kuru Dönem Günleri	13.599	13.559

Tablo 9 Hesaplanan Toplam Beslenme Gün Sayıları

4. Ekonomik Veriler

Süt sığırlarında farklı dönemlere göre rasyona dahil edilen yem miktarlarını farklılıklar göstermektedir. Süt sığırlarının hangi çağda oldukları, canlı ağırlıkları, laktasyon veya kuru dönemde olmaları verilen yem miktarının doğrudan etkilemektedir.

Tablo-6'da süt sığırlarının farklı dönemlerinde uygulanan rasyonlarda kullanılan yem miktarlarını gösterilmiştir.

Buzağı döneminde dişi buzağılara 2 kg yonca kuru otu, 2 kg mısır silajı, 0.5 kg hasıl kuru otu, 0.5 kg saman, 1 kg buzağı başlangıç yemi ve 2 kg buzağı büyütmeye yemi, Erkek buzağılara ise 2.5 kg yonca kuru otu, 6 kg mısır silajı, 1 kg hasıl kuru otu, 1 kg saman ve 3.25 kg buzağı büyütmeye yemi verilmektedir.

Dana ve düvelere ise 3 kg yonca kuru otu, 8 kg mısır silajı, 2 kg hasıl kuru otu ve 1.5 kg saman verilirken ayrıca düvelere 3.75 kg düve geliştirme yemi rasyona dahil edilmektedir.

Kuru dönemdeki ineklerde rasyon, 2 kg yonca kuru otu, 10 kg mısır silajı, 3 kg hasıl kuru otu, 3 kg saman, 1 kg arpa ve % 21 protein içeren 3.5 kg kuru dönem yemi ile hazırlanmaktadır.

Laktasyondaki inekler için ise 4 kg yonca kuru otu, 18 kg mısır silajı, 1.5 kg hasıl kuru otu, 1 kg saman, 10 kg süt yemi ve 1 kg arpa verilmektedir(Tüm Süt Et ve Damızlık Sığır Yetiştiricileri Derneği, 2024b)

Dönemlere Göre Rasyona Dahil Edilen Yem Miktarları

Yem İsmi	Dişi Buzağı - Erkek Buzağı	Dişi Dana -Erkek Dana	Düve-Tosun	İlk Laktasyona Kadar	Laktasyon	Kuru Dönem
					İnek	
Yonca Kuru Otu (Kg)	2	2,5	3	3	4	2
Mısır Silajı (Kg)	2	6	8	8	18	10
Hasılı Kuru Otu(Kg)	0,5	1	2	2	1,5	3
Saman (Kg)	0,5	1	1,5	1,5	1	3
Süt Yemi (Kg)	0	0	0	0	10	0
Düve Geliştirme Yemi (Kg)	0	0	3,75	3,75	0	0
Buzağı Başlangıç (Kg)	1	0	0	0	0	0
Buzağı Büyütme (Kg)	2	3,25	0	0	0	0
Arpa (Kg)	0	0	0	0	1	1
Kuru Dönem Yemi % 21 (Kg)	0	0	0	0	0	3,5

Tablo 10 Dönemlere Göre Rasyona Dahil Edilen Yem Miktarları

(Tüm Süt Et ve Damızlık Sığır Yetiştiricileri Derneği, 2024a)

Tablo 7’ de farklı dönemlere ait 1 günlük yem bedelleri hesaplanmıştır. Dişi buzağılar için günlük yem maliyeti 55.65 ₺ ,erkek buzağılar için 75,275 ₺ , Dişi ve erkek danalar ile düveler (ilk laktasyona kadar) için günlük yem maliyeti 102,625 ₺'dir. Bu dönemdeki hayvanlar büyüme ve gelişme aşamasında oldukları için yem tüketimleri buzağılara göre daha fazla olmaktadır.

Laktasyon dönemi yem giderlerinin en yüksek olduğu dönemdir. Süt verimi nedeniyle protein ve enerji bakımından yüksek yemlerin rasyona dahil edilmesi nedeniyle günlük 186,45₺ yem gideri oluşmaktadır. Kuru dönemdeki inekler ise dinlendirildikleri ve bir sonraki gebeliğe hazırlandıkları için yem maliyeti 115,95 ₺ ye düşmektedir.

Bir Günlük Rasyonda Tüketilen Yem Miktarları ve Bedeli

Yem İsmi	Fiyatı (Kg/₺)	Dişi Buzağı - Erkek Buzağı	Dişi Dana - Erkek Dana	Düve - Tosun	İlk Laktasyona Kadar	Laktasyon	Kuru Dönem
						İnek	
Yonca Kuru Otu	8,5	17	21,25	25,5	25,5	34	17
Mısır Silajı	2,5	5	15	20	20	45	25
Hasıl Kuru Otu	5,5	2,75	5,5	11	11	8,25	16,5
Saman	2	1	2	3	3	2	6
Süt Yemi	8,6	0	0	0	0	86	0
Düve Geliştirme	11,5	0	0	43,125	43,125	0	0
Buzağı Başlangıç	10,5	10,5	0	0	0	0	0
Buzağı Büyütme	9,7	19,4	31,525	0	0	0	0
Arpa	11,2	0	0	0	0	11,2	11,2
Kuru Dönem Yemi % 21	11,5	0	0	0	0	0	40,25
Toplam Yem Bedeli		55,65	75,275	102,625	102,625	186,45	115,95

Tablo 11 Bir Günde Tüketilen Yem Miktarları ve Bedelleri Tablosu

(Tüm Süt Et ve Damızlık Sığır Yetiştiricileri Derneği, 2024a)

Tablo 8 de tüm sığır çağlarına ait satış ve karkas kesim fiyatlarının verilmiş olmasına rağmen sadece erkek buzağlarının %20'sinin 25.000 ₺ değerle satıldığı , İnekler, Tosunlar, Düveler, Dişi ve Erkek Danalar Tablo-2 de belirtilen oranlarda kesime gitmekte ve ortalama karkas ve 325 ₺ (Ulusal Kırmızı Et Konseyi, 2024) kesim fiyatı çarpımı tutarınca PDKA hesabında satıştan elde edilen gelirle kaydedilmektedir. Süt sığırlarının çağlara göre ortalama karkas ağırlıkları ise süt üreticileri birliği ve süt üreticilerinden alınan bilgilerle belirlenmiştir.

Hayvan Satış Fiyatları

	Satış Fiyat ₺	Ortalama Karkas Ağırlığı (Kg)	Karkas Kesim Fiyatı ₺
Dişi Buzağı	25.000	200	
Erkek Buzağı	25.000	200	
Dişi Dana	75.000	300	325
Erkek Dana	65.000	300	325
Tosun	85.000	350	325
Düve	100.000	350	325
İnek	130.000	400	325
Boğa	150.000	400	325

Tablo 12 Hayvan Satış Fiyatları

(Ulusal Kırmızı Et Konseyi, 2024)

5. Gelirler

Süt sığırıcılığı çiftliklerinin temel gelir kaynağı süt satışlarıdır ve çiftlikler süt gelirinden elde edilen geliri en üst düzeye çıkarma çabasıdadır (Chamberlain, 2012). İşletme ayrıca fazla düve ve boğaların satışından, kesilen ineklerin satışından ve çığ değişimleri vasıtasıyla gelir elde etmektedir (Nielsen vd., 2006).

5.1. Süt Gelirleri

Servis periyodu 80 gün olan süt sığırı sürüsü 72 ay olarak hesaplanan ekonomik ömür süresince 51.310.792 ₺ süt geliri elde ederken, bu rakam servis periyodu 140 gün olan sürüde 50.113.297 ₺ (Tablo-9) olarak gerçekleşmiştir.

Servis periyodu Günleri	80 Gün Servis peri-	140 Günlük Servis peri-
Toplam Laktasyon Süresi	137.286	134.082
Toplam Süt Miktarı (Lt.)	3.432.160	3.352.060
Süt Fiyatı ₺	14,95	14,95
Toplam Süt Geliri ₺	51.310.792	50.113.297

Tablo 13 Süt Gelirleri Tablosu

5.2. Prodüktif Demirbaş Kıymet Artışı

Sürüyü yenilemek amacıyla genç hayvan bulunduran işletmelerde, çığ değişimi sonucu bir yılda hayvanların değerinde meydana gelen artış ile oluşan gelire Prodüktif Demirbaş Kıymet Artışı (PDKA) adı verilir ve işletme için bir gelir kaynağıdır(Kıral Taner & Kasnakoğlu Haluk, 1998)

Prodüktif Demirbaş Kıymet Artışı (PDKA) = (Yılsonu hayvan sermayesi + Yıl içinde satılan hayvanların değeri + Yıl içinde tüketilen hayvanların değeri) – (Yılbaşı hayvan sermayesi + Yıl içinde satın alınan hayvanların değeri) ((Akın vd., 2019; Kıral & Kasnakoğlu, 1998) formülü ile hesaplanır.

İki sanal işletme için teknik katsayılar da dikkate alınarak hesaplanan Prodüktif Kıymet Artışları sırasıyla Tablo 10 ve 11’de verilmiştir. Buna göre servis periyodu 80 gün olduğunda 24.351.250 ₺ PDKA , 140 gün olduğunda ise 19.638.750 ₺ PDKA elde edecekleri hesaplanmıştır.

Servis periyodu 80 Gün Olduğunda - Prodükatif Demirbaş Kıymet Artışı

Fiyat (1000 x ₺)		Başlangıç Adeti	Başlangıç Değeri ₺ x 1000	Satılan Adet	Satış Değeri ₺ x 1000	Ort. Karkas Ağırlığı kg	Karkas Satış Geliri ₺x1000	Ekonomik Ömür Sonunda	Ekonomik Ömür Sonunda Değer ₺ x 1000
150	Boğa	0	-	0		400		0	0
25	Dişi Buzağı	0	-	0			0	20	500
75	Dişi Dana	0	-	6		300	585	18	1.350
100	Düve	0	-	6		350	682,5	16	1.600
25	Erkek Buzağı	0	-	6	150			20	500
65	Erkek Dana	0	-	42		300	4.095	13	845
85	Tosun	0	-	5		350	568,75	1	85
130	İnek	100	13.000	108		400	14.040	95	12.350
TOPLAM		100	13.000	173	150		19.971,25	183	17.230

Tablo 14

$$\begin{aligned}
 PDKA &= (17.230.000 + 150.000 + 19.971.250) - 13.000.000 \quad PDKA \\
 &= 24.351.250 \text{ ₺}
 \end{aligned}$$

Servis periyodu 140 Gün Olduğunda - Prodükatif Demirbaş Kıymet Artışı

Fiyat (₺)		Başlangıç Adeti	Başlangıç Değeri ₺ x 1000	Satılan Adet	Satış Değeri ₺ x 1000	Ort. Karkas Ağırlığı Kg	Karkas Satış Geliri ₺ x 1000	Ekonomik Ömür Sonunda	Ekonomik Ömür Sonunda Değer ₺ x 1000
150	Boğa	0	-	-	-	400		0	0
25	Dişi Buzağı	0	-	-				15	375
75	Dişi Dana	0	-	5		300	487,50	14	1.050
100	Düve	0	-	5		350	568,75	12	1.200
25	Erkek Buzağı	0	-	5	125			15	375
65	Erkek Dana	0	-	35		300	3.412,5	9	585
85	Tosun	0	-	4		350	455	1	85
130	İnek	100	13.000	102		400	13.260	82	10.660
TOPLAM		100	13.000	156	125		18.183,75	148	14.330

Tablo 15

$$PDKA = (14.330.000 + 125.000 + 18.183.750) - 13.000.000 \quad PDKA \\ = 19.638.750 \text{ ₺}$$

Servis periyodu 80 gün olan süt sığırı sürüsü; 72 ay olarak hesaplanan ekonomik ömür süresince meydana gelen PDKA miktarı 24.351.250 ₺ olur iken , bu rakam servis periyodu 140 gün olan sürüde 19.638.750 ₺ olarak gerçekleşmiştir.

6. Giderler

Süt sığırcılığında işletme giderleri değişken ve sabit giderlerden oluşmaktadır. Değişken giderler; kesif yem, kaba yem, geçici işçi ücreti, veterinerlik giderleri, ilaç giderleri, su ve elektrik giderlerini kapsarken, sabit giderler ise daimi işçilik, bina tamir bakım masrafları, bina ve alet makine sermaye faizi, bina, makine ve sürü amortismanını kapsamaktadır. (Chamberlain, 2012). Bu giderler laktasyon dönemleri, süt verimleri, yem verimliliği (Short., 2006) gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Kaba yem ve kesif yem süt çiftçiliğini (Haloho vd., 2013; Yener, 2017; Yığmatepe & Özgüven, 2020) tarafından yapılan bir çalışmada yem giderleri toplam giderlerin %59,6'sını oluştururken, (Yener, 2017) çalışmasında %57,49'unu yem giderlerinin oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda sabit giderlerden olan daimî işçilik, bina tamir bakım masrafları, bina ve alet makine sermaye faizleri, bina, makine amortisman, giderleri ile değişken giderlerden geçici işçi ücretleri, veteriner giderleri, ilaç giderleri, su ve elektrik giderlerinin aynı olduğu varsayılmıştır. Hayvan sayılarının değişim ile değişim gösteren yem giderleri, inek amortisman ve inek sigorta giderleri dikkate alınmıştır.

6.1. Yem Giderleri

Yem maliyetleri hesaplanırken hayvanların yaş gruplarına göre 6 farklı yeme şekli belirlenmiştir. Daha sonra Sistem Dinamiği modeli üzerinde laktasyon süresi boyunca, kuru dönem, süt ineği besleme, 12-18 aylık dişi ve erkek hayvanların besleme günleri, 6-12 aylık hayvanların besleme günleri ve 0-6 aylık buzağların toplam besleme günleri hesaplanmıştır.

Servis periyodu farklılıklarına göre beslenme günleri ve yem giderleri Tablo-12 ve Tablo-13 'de verilmiştir. Servis periyodu farklılıklarına göre verilen toplam yem giderlerin hesaplanmıştır. Buna göre servis periyodu 80 gün olan sürüde toplam yem gideri 39.355.544 ₺ olarak gerçekleşmiş, servis periyodu 140 gün olan sürüde 24.999.588,90 ₺ olmuştur.

Servis periyodu 80 Gün Olduğunda Beslenme Günleri

	Toplam Gün Sayısı	Gün/İ	Toplam İ
Toplam Buzağı Besleme Günleri	64.892	55,65	3.611.256,50
Erkek ve Dişi Dana Besleme Günü	44.373	75,28	3.340.237,80
Toplam Düve - Tosun Besleme Günü	21.707	102,63	2.227.711,66
İlk Laktasyondan Önce Beslenme	13.599	102,63	3.183.673,94
Toplam Kuru Dönem Günleri	27.457	115,95	25.596.974,70
Toplam Laktasyon Günleri	137.286	186,45	1.395.689,74
			39.355.544

Tablo 16

Servis periyodu 140 Gün Olduğunda Beslenme Günleri

	Toplam Gün Sayısı	Gün/İ	Toplam İ
Toplam Buzağı Besleme Günleri	52.911	55,65	2.944.497,15
Erkek ve Dişi Dana Besleme Günü	36.301	75,28	2.732.557,78
Toplam Düve - Tosun Besleme Günü	18.359	102,63	1.884.143,69
İlk Laktasyondan Önce Beslenme	13.559	102,63	1.391.584,74
Toplam Kuru Dönem Günleri	27.457	115,95	3.183.673,94
Toplam Laktasyon Günleri	134.082	186,45	24.999.588,90
			37.136.046

Tablo 17 Servis periyodu 140 Gün Olduğunda Beslenme Günleri

6.2. İnek Amortismanı

Bir yıldan daha fazla veya bir üretim dönemi boyunca üretimde kullanılan Süt Sığırlarına canlı varlıklar denir. Süt çiftçiliğinde, mevcut inekler ve boğalar amortismanına tabidir.

İneklerin yıllık amortismanı = (Üreme Değeri - Kasaplık Değeri) / Ekonomik Ömür (Erkuş vd., 1995; Kırıl & Kasnakoğlu, 1998)

İneklerde amortisman yukarıdaki formülle hesaplanır. Buzağılama aralıkları farklı olduğundan inek ve boğa sayısı her 12 ayda bir değişebilmektedir (Akın vd., 2019). Yıllık canlı demirbaş amortismanı hesaplanırken, önce ineklerin değeri hesaplanır ve kasaplık değeri inek değerinden düşülerek ekonomik ömre bölünür. Süt inekleri için ekonomik ömür hesaplanan 72 ay yani 6 (Altı) yıl olarak belirlenmiştir.

İlk amortisman hesabı inekler işletmede 12 ay kaldıktan sonra yani 13 aydaki inek sayısı üzerinden yapılmış daha sonraki her 12 ayda bir inek mevcuduna göre amortisman hesaplanmıştır.

PULSE TRAIN(13, 0 , 12 , EÖ)*İN

Aşağıdaki tablolar üzerinde görüleceği üzere her yıl için ayrılan amortisman giderleri belirlenmiş ve 72 ay sonunda toplam ne kadar bir gider olacağı hesaplanmıştır. Servis periyodu 80 gün olan sürüde 1.366.666,67 ₺, servis periyodu 140 gün olan sürüde ise 1.308.333,33 ₺ amortisman gideri oluşmuştur

Servis Periyodunun 80 Gün Olması Halinde Amortisman

Amortisman Tabi İnek Sayısı	Ekonomik Ömür	Değeri ₺	Kasaplık Değeri ₺	Amortisman
0	6	0,00	0,00	0,00
74	6	9.620.000,00	7.770.000,00	308.333,33
59	6	7.670.000,00	6.195.000,00	245.833,33
61	6	7.930.000,00	6.405.000,00	254.166,67
65	6	8.450.000,00	6.825.000,00	270.833,33
69	6	8.970.000,00	7.245.000,00	287.500,00
TOPLAM				1.366.666,67

Tablo 18 Servis Periyodunun 80 Gün Olması Halinde Amortisman

Servis Periyodunun 140 Gün Olması Halinde Amortisman

Amortisman Tabi İnek Sayısı	Ekonomik Ömür	Değeri	Kasaplık Değeri ₺	Amortisman ₺
0	6	0,00	0,00	0,00
74	6	9.620.000,00	7.770.000,00	308.333,33
59	6	7.670.000,00	6.195.000,00	245.833,33
59	6	7.670.000,00	6.195.000,00	245.833,33
60	6	7.800.000,00	6.300.000,00	250.000,00
62	6	8.060.000,00	6.510.000,00	258.333,33
TOPLAM				1.308.333,33

Tablo 19 Servis Periyodunun 140 Gün Olması Halinde Amortisman

6.3. İnek Sigortası

1.aydaki inek sayısı ve daha sonraki her 12.nci aydaki inek sayıları tespit edilerek sigorta edilecek inek sayısı bulunmuştur. Daha sonra hesaplanan inek sayıları ile bir ineğin sigorta bedeli olan 2.500 ₺ lira çarpılarak yıllık inek sigortası hesaplanmıştır.

PULSE TRAIN(1, 0 , 12 , EÖ)*İN

Tablo-16 ve Tablo-17 de iki farklı sürü için hesaplanan Sigorta bedelleri çıkarılmıştır. Her yıl için hesaplanan Sigorta giderleri toplanarak Toplam Sigorta giderleri bulunmuştur. Servis periyodu 80 gün olan sürüde 1.255.000 ₺, servis periyodu 140 gün olan sürüde ise 1.232.500 ₺ sigorta gideri oluşmuştur.

Servis Periyodunun 80 Gün Olması Halinde İnek Sigorta Bedeli

Yıl	Sigortalanacak İnek Sayısı	Sigorta Bedeli (₺)
1	100	250.000,00
2	78	195.000,00
3	79	197.500,00
4	85	212.500,00
5	65	162.500,00
6	95	237.500,00
Toplam Sigorta Bedeli		1.255.000,00

Tablo 20 Servis Periyodunun 80 Gün Olması Halinde İnek Sigorta Bedeli

Servis Periyodunun 140 Gün Olması Halinde İnek Sigorta Bedeli

Yıl	Sigortalanacak İnek Sayısı	Sigorta Bedeli (₺)
1	100	250.000,00
2	78	195.000,00
3	76	190.000,00
4	78	195.000,00
5	80	200.000,00
6	81	202.500,00
Toplam Sigorta Bedeli		1.232.500,00

Tablo 21 Servis Periyodunun 140 Gün Olması Halinde İnek Sigorta Bedeli

7. Gelir ve Gider Tabloları

Süt geliri ve PDKA toplandığında hesaplanan toplam gelir servis periyodu 80 gün olan sürüde, 75.662.042,00 ₺ , servis periyodu 140 gün olan sürüde ise 69.752.047,00 ₺ olmuştur. Toplam giderler ise sırasıyla 41.977.210,99 ₺ ve 39.676.879,52 ₺ olarak hesaplanmıştır.

Servis periyodu 80 gün olduğunda Gelir ve Gider Tablosu

Süt Geliri	51.310.792,00 ₺	Yem Gideri	39.355.544,33 ₺
PDKA	24.351.250,00 ₺	İnek Amortisman	1.366.666,67 ₺
		İnek Sigortası	1.255.000,00 ₺
Gelirler	75.662.042,00 ₺	Giderler	41.977.210,99 ₺

Tablo 22

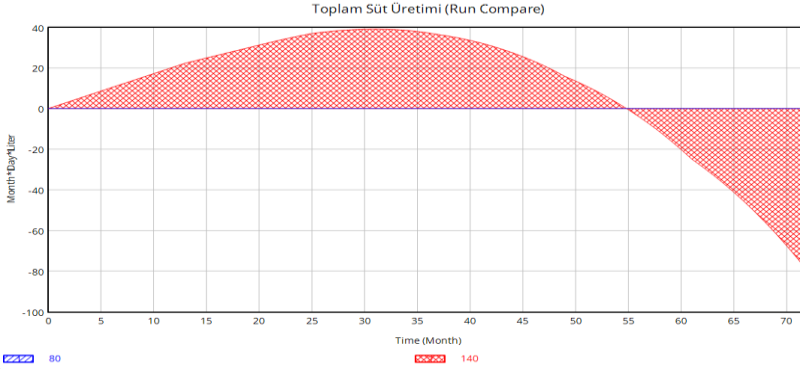
Servis periyodu 140 gün olduğunda Gelir ve Gider Tablosu

Süt Gelir	50.113.297,00 ₺	Yem Gideri	37.136.046,19 ₺
PDKA	19.638.750,00 ₺	İnek Amortisman	1.308.333,33 ₺
		İnek Sigortası	1.232.500,00 ₺
Gelirler	69.752.047,00 ₺	Giderler	39.676.879,52 ₺

Tablo 23 Servis periyodu 140 gün olduğunda Gelir ve Gider Tablosu

8. Sonuç

Süt sığırcılığı işletmeleri nakit akışını sürdürmek ve süt gelirini uzatmak için servis periyodun uzatırsa laktasyon süresi uzar ve satın alınan süt miktarı artar. Ekonomik ömrün 55. ayına kadar üretilen süt miktarı daha yüksek olsa dahi 55. aydan sonra inek sayısının artması nedeniyle servis periyodu 80 gün olan sürülerde alınan süt miktarı artmaya başlar (Şekil 9 Toplam Süt Üretimi Fark Grafiği). Sürüde daha fazla buzağılayan süt ineği sayısının artması, laktasyondaki toplam inek sayısını ve toplam laktasyon gün sayısını etkilemektedir.



Şekil 9 Toplam Süt Üretimi Fark Grafiği

Diğer yandan servis periyodunun 140 güne uzaması durumunda ; işletme her yıl bir buzağı hedefinden uzaklaşarak hem buzağı gelirlerinden hemde çağ değişimlerinden dolayı meydana gelecek olan gelir artışlarından feragat edecektir. (Tablo 20).

Servis Periyodu Süresi 80 Gün olan Süt İşletmesi ile Servis Periyodu Süresi 140 Gün olan Süt İşletmelerinin Hesaplanan Gelir ve Giderlerinin karşılaştırıldığı; Servis Periyodu 80 gün olduğunda Süt ve PDKA gelirleri toplamı 75.662.042,00 ₺ olarak gerçekleşirken , Servis Periyodu 80 gün olduğunda ise 69.752.047,00 ₺'de kalmaktadır.

Servis Periyodları gelir-gider karşılaştırma tablosu

	Servis Periyodu (80 Gün)	Servis Periyodu (140 Gün)
Süt + PDKA Geliri	75.662.042,00 ₺	69.752.047,00 ₺
Yem + İnek Amortisman + İnek Sigorta Gideri	41.977.210,99 ₺	39.676.879,52 ₺
Fark	33.684.831,01 ₺	30.075.167,48 ₺

Tablo 24 Karşılaştırma Tablosu

Servis Periyodunun 60 gün uzaması ile ;

72 ayda (Ekonomik Ömür) işletme gelirinde meydana gelecek ekonomik kayıp miktarı	3.609.663,53 ₺
1 ayda işletme gelirinde meydana gelecek ekonomik kayıp miktarı	50.134,22 ₺
1 günde işletme gelirinde meydana gelecek ekonomik kayıp miktarı	835,57 ₺

Tablo 25 Ekonomik Kayıp Miktarları Tablosu

Servis periyodunun 80 günden 140 güne uzaması durumunda 72 aylık sürede işletme gelirinde 3.609.663,53₺ tutarında, 1 aylık sürede ise 50.134,22 ₺ tutarında bir ekonomik kayıp meydana gelecektir. Günlük olarak ise ekonomik kaybın 835,57 ₺ olacağı görülmektedir. Ayrıca uzun laktasyon süreleri, döl verim parametrelerinin bozulmasına ve süt ineklerinin bağışıklık sistemleri zayıflatarak, hastalıklara açık hale gelmesine yol açabilmektedir. Bozulan üreme performansları ve sağlık sorunları da ineklerin ekonomik ömürlerini beklenenden daha erken tamamlamalarına sebep olacaktır. Bu nedenle süt işletmelerinde süt veriminin yanı sıra döl verimi de göz ardı edilmemelidir. Hem döl verimi hem de süt veriminin dengeli bir şekilde götürülmesine dikkat edilmelidir. Süt verimi ,döl verimi parametreleri ve ekonomik gelir-gider kayıtları tutularak işletmenin dengeli büyümesi ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

9. Kaynakça

- Akın, A. C., Kara, M., & Ozan, G. (2019). *Hayvancılık İşletme Ekonomisi*.
- Ata, A. (2013a). Sütçü Sığırlarda Döl Verimi Ölçütlerinin Güncel Yorumu. İçinde *MAKÜ Sag. Bil. Enst. Derg* (C. 2013, Sayı 1). <http://edergi.mehmetakif.edu.tr/index.php/sabed/index>
- Ata, A. (2013b). Sütçü Sığırlarda Döl Verimi Ölçütlerinin Güncel Yorumu. *MAKÜ Sag. Bil. Ens. Derg.*, 1(1), 30-41.
- Atzori, A. S., Atamer Balkan, B., & Gallo, A. (2023). Feedback thinking in dairy farm management: system dynamics modelling for herd dynamics. *Animal*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100905>
- Bar-Anan, R., & Soller, M. (1979). The effects of days-open on milk yield and on breeding policy post partum. *Animal Production*, 29(1), 109-119. <https://doi.org/10.1017/S0003356100012204>
- Cabrera, V. E. (2014a). Economics of fertility in high-yielding dairy cows on confined TMR systems. *Animal*, 8(SUPPL. 1), 211-221. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000512>
- Cabrera, V. E. (2014b). *Fertility associated economic losses of farms*.
- Chamberlain, T. (2012). Understanding the economics of dairy farming Part 1: Income, costs and profit. *Livestock*, 17(5), 30-33. <https://doi.org/10.1111/j.2044-3870.2012.00137.x>
- Dijkhuizen, A. A., Stelwagen, J., & Renkema, J. A. (1985). Economic Aspects of Reproductive Failure in Dairy Cattle Financial Loss At Farm Level. *Current*, 3.
- Dinc, D. A. (2015). *Süt İneklerinde Reprodüktif Performans Parametreleri*. <https://www.researchgate.net/publication/362932269>
- Dinç, D. (2020). *Management of the infertility in dairy cattle*.
- Duru, S., & Tuncel, E. (2004). Siyah Alaca Sığırlarda Kuruda Kalma Süresi , Servis Periyodu ve İlkine Buzağılama Yaşı ile Bazı Süt Verim Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 18(1), 69-79.
- Economic Benefits of Rightsizing the Farm Dairy Replacements*. (2024). <https://extension.psu.edu/economic-benefits-of-rightsizing-the-farm-dairy-replacements>
- Erkuş, A. , Bülbül M., Kırıl T., Açıl A.F., & Demirci R. (1995). *Tarım Ekonomisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları .
- Esen, S. (2019). *Süt sığırcılığında döl verimi kayıplarının işletme gelirin e etkisi*.
- Esra, H., Do, C., Ve, U. M., Tez, D. D., & Prof, M. A. N. (2013). *İnek ve diüvelerde vücut kondisyon skoru değışiminin postpartum döneme ve fertilit e parametrelerine etkisi*.

- Haloho, R. D., Santoso, S. I., Marzuki, S., Roessali, W., & Setiadi, A. (2013). Profit function analysis of dairy cattle farming in getasan and west ungaran districts, semarang regency. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 38(2), 116-122. <https://doi.org/10.14710/jitaa.38.2.116-122>
- Kaygisiz, F., & Elmaz, Ö. (2008). Süt Sığırcılığında Döl Verimi Kayıplarının İşletme Gelirine Etkisi. İçinde *Araştırma Makalesi J Fac Vet Med Univ Erciyes* (C. 5, Sayı 1).
- Kebreab, E., Reed, K. F., Cabrera, V. E., Vadas, P. A., Thoma, G., Tricarico, J. M., & Martin, R. E. (2019). A new modeling environment for integrated dairy system management. 9(2). <https://doi.org/10.1093/af/vfz004>
- Kıral, T., & Kasnakoğlu, H. (1998). *Tarımsal ürünler için maliyet hesaplama metodolojisi ve veri tabanı rehberi*.
- Kıral Taner, & Kasnakoğlu Haluk. (1998). *Tarımsal Ürünler İçin Maliyet Hesaplama Metodolojisi ve Veri Tabanı Rehberi*.
- Kossa1bati, M. A., & Esslemont, R. J. (1997). *The Costs of Production Diseases in Dairy Herds in England* (C. 154).
- Kumlu, S., & Akman, N. (1999). Türkiye Damızlık Siyah Alaca Sürülerinde Süt ve Döl Verimi. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 39(1), 1-16.
- Kumuk, T., Akbaş, Y., Türkmüt, L., Üniversitesi, E., Fakültesi, Z., Bölümü, T. E., Bölümü, Z., & -Türkiye, İ. (1999). Süt Sığırcılığında Döl Verimine İlişkin Ekonomik Kayıplar ve Yetiştiricilerin Bilgi ve Teknoloji İhtiyacı. İçinde *Hayvansal Üretim* (C. 39, Sayı 1). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hayuretim/99974>
- Meadows, C., Rajala-Schultz, P. J., & Frazer, G. S. (2005). A spreadsheet-based model demonstrating the nonuniform economic effects of varying reproductive performance in Ohio dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 1244-1254. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72791-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72791-0)
- Menendez, H. M., Atzori, A., Brennan, J., & Tedeschi, L. O. (2023). Using dynamic modelling to enhance the assessment of the beef water footprint. İçinde *Animal*. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100808>
- Nebel R. (1995). *Your Herd's Reproductive Status*.
- Nebel, R. L., & McGilliard, M. L. (1993). Interactions of High Milk Yield and Reproductive Performance in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 76(10), 3257-3268. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77662-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77662-6)
- Nielsen, H. M., Groen, A. F., Østergaard, S., & Berg, P. (2006). A stochastic model for the derivation of economic values and their standard deviations for production and functional traits in dairy cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*, 56(1), 16-32. <https://doi.org/10.1080/09064700600836786>
- Sariözkan, S. S., Aral, Y., Murat, H., Aydin, E., & Sariözkan, S. S. (2012). Calculating the financial losses due to fertility disorders in dairy herds. İçinde

- Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi (C. 59, Sayı 1).
https://doi.org/10.1501/vetfak_0000002501
- Shahsavari-Pour, N., Rahimi-Ashjerdi, S., Heydari, A., & Fekih, A. (2023). A System Dynamics Approach to Optimize Milk Production in an Industrial Ranch. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(3).
<https://doi.org/10.3390/app13031662>
- Short., D. (2006). Characteristics and Production Costs of U.S. Dairy Operations. *AgEcon Search*, 1(3), 11.
- Smith, J., & Becker, D. (1996). *The Reproductive Status of Your Dairy Herd*.
http://aces.nmsu.edu/pubs/_d/d-302.html
- Sterman, J. (2000). Systems Thinking and Modeling for a Complex World. İçinde *Interfaces* (C. 34, Sayı 1). <http://www.lavoisier.fr/notice/frJWOAR6SA23WLOO.html>
- Turner, B. L., Menendez Iii, H. M., Gates, R., Tedeschi, L. O., Atzori, A. S., & Quinn, C. H. (2016). *resources System Dynamics Modeling for Agricultural and Natural Resource Management Issues: Review of Some Past Cases and Forecasting Future Roles*. 5, 40. <https://doi.org/10.3390/resources5040040>
- Tüm Süt Et ve Damızlık Sığır Yetiştiricileri Derneği. (2024a). <https://www.tusedad.org/wp-content/uploads/2024/04/100-Bas-Anac-Suru-icin-Cig-Sut-Maliyeti-ayrintilari.pdf>
- Tüm Süt Et ve Damızlık Sığır Yetiştiricileri Derneği. (2024b). <https://www.tusedad.org/wp-content/uploads/2024/10/eylul-ayi2-1030x762.png>
- Uğur, F. (2014). *SİĞİR YETİŞTİRME*.
- Ulusal Kırmızı Et Konseyi. (2024). <http://www.ukon.org.tr/fiyatlar.aspx>
- Uygur, A. M. (2004). Süt Sığırcılığı Sürü Yönetiminde Döl Verimi. İçinde *Hayvansal Üretim* (C. 45, Sayı 2).
- Varner, M. A., Majeskie, J. L., & Garlich, S. C. (2007). *Interpreting Reproductive Efficiency Indexes*.
- Yener, A. (2017). Konya İlinde Süt Sığırcılığı Yapan Aile İşletmelerinde Yeniliklerin Benimsenmesi ve Yayılmasına Etki Eden Faktörler. İçinde *T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü - Doktora Tezi*.
- Yığmatepe, V. K., & Özgüven, M. M. (2020). Sultansuyu Tarım İşletmesi Süt Sığırcılığı Faaliyetlerinde Girdi ve Maliyetlerin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 339-353.
<https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.010>



BÖLÜM 12

Farklı Sulama Yöntemleri ile Yetiştirilen Çeltiğin Girdi Kullanım ve Üretim Maliyetleri Üzerine Etkisi

Duygu Aktürk¹ & Şener Özdemir²

¹ Prof.Dr.,Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
ORCID: 0000-0002-5457-7687

² Çanakkale Cumhuriyet Başsavcılığı Bilgi İşlem Şefliği, 0009-0008-5967-9229

1. GİRİŞ

Son yıllarda küresel ısınma ile dünya genelinde görülen yağışların azalması gerek yeraltı ve gerekse yerüstü sularında azalmalara, bu da kuraklık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Kuraklık beraberinde, kaçak sondaj kuyularının açılması ve yeraltı su kaynaklarının daha bilinçsizce kullanımına yol açmaktadır.

Dünya nüfusu 1950'de 2,5 milyar iken, günümüzde 6,5 milyara ulaşmış ve bu artışa paralel olarak sulanan alan iki katına, çekilen su miktarı ise üç katına çıkmıştır. Eğer mevcut üretim modelinde bir değişiklik yapılmazsa, 2050 yılı itibarıyla tarımda kullanılan su miktarının %70 ile %90 arasında bir artış göstereceği öngörülmektedir (Çakmak ve Gökalp, 2011).

Günümüzde, küresel çapta karşılaşılan en büyük sorunlardan biri olan kuraklık, mevcut durumda fiziksel ve doğal çevreyi, kent yaşamını, kalkınmayı, ekonomiyi, teknolojiyi, tarımı ve gıda üretimini, temiz su teminini ve sağlığı etkileyerek hayatımızın her alanına nüfuz etmektedir. (Kapluhan,2013).

Çeltik, en eski kültür bitkilerinden biri olup, gen merkezinin Güneydoğu Asya, Hindistan ve Çin olduğu tahmin edilmektedir. Tahıllar arasında, çeltik dünya çapında ekim alanı bakımından buğdaydan sonra, üretim açısından ise mısırdan sonra ikinci sırada yer almakta ve dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel besin maddesini oluşturmaktadır (Sürek ve ark., 2016). Tahıllar arasında çeltik, dünya genelinde ekim alanı bakımından buğdaydan, üretim açısından ise mısırdan sonra ikinci sırada yer almakta ve dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel besin kaynağını oluşturmaktadır. Dünya genelindeki nüfus artış hızı bu şekilde devam ederse, 2030 yılı itibarıyla çeltik talebini karşılayabilmek için üretimin tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de %50 oranında artırılması gerekecektir (FAO, 2022).

Su kaynaklarını en yoğun şekilde kullanan bitkiler arasında çeltik ilk sırada yer almaktadır. Genel olarak üreticilerin yetiştirme yöntemi tavalar oluşturularak göllendirme şeklinde su verilen alanlarda gerçekleşmektedir. Geleneksel olarak yapılan bu üretim şekli ile kullanılan suyun fazla olması, su altında kalan toprağın verimliliğinin düşmesi, kullanılan gübre ve bitki koruma ilaçlarının fazlalığı ile oluşan yer altı ve yerüstü kimyasal kirliliğin artması gibi sebepler tava sulama yöntemine alternatif olarak damlama sulama yöntemi ile yapılan çeltik yetiştiriciliği bazı üreticiler tarafından tercih edilmeye başlanmıştır.

Dünya genelinde su kaynakları giderek azalmaktadır. Bunun yanı sıra, çeltik için kullanılan 880 km³ sulama suyu, dünya çapındaki toplam sulama suyunun yaklaşık %35' gibi büyük bir oranını oluşturmaktadır. (Yadav ve Reyes, 2016).

Dünya çeltik üretim alanı 2021/2022 üretim döneminde IGC verilerine göre 165,5 milyon ha'dır. Pirinç üretim miktarı ise 514 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TEPGE 2023). Türkiye'nin çeltik ekim alanlarındaki payı %0,07, üretim miktarındaki payı ise %0,12 seviyesindedir. Pirinç üretiminde Türkiye'nin kendine yeterlilik oranı ise %74,3 olarak belirlenmiştir. 2022/2023 üretim yılı itibarıyla, TÜİK verilerine göre Türkiye'de çeltik ekim alanı 120.523 hektar, üretim miktarı ise 570.000 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024). Çanakkale ili ise, ülke genelindeki çeltik ekim alanlarının %9,92'sini, üretim miktarının ise %17,02'sini karşılayarak çeltik üretiminde Türkiye genelinde 4. sırada yer almaktadır. (TEPGE 2023).

Dünya genelinde en fazla çeltik üretiminin yapıldığı Asya kıtasında, doğal yağışlarla sular altında kalan alanlarda çeltik yetiştiriciliği sürdürülebilir bir yöntem olarak kabul edilirken, su kaynakları sınırlı olan ülkelerde, özellikle ülkemiz gibi su zengini olmayan bölgelerde, yaygın olarak kullanılan salma sulama yöntemiyle yapılan çeltik üretimi sürdürülebilir değildir. Geleneksel tava usulü çeltik yetiştiriciliğinde, su, enerji ve işçilik giderleri artmakta, sürekli su altında kalan toprakların fiziksel ve kimyasal yapısı bozulmaktadır. Ayrıca, yüzey buharlaşması ve suyun derine sızması nedeniyle uygulanan sulama suyunun büyük bir kısmı kaybolmaktadır. Bu sebeplerle, çeltik gibi önemli bir tarla bitkisinin, daha az suya ihtiyaç duyan ve sürdürülebilir üretim teknikleriyle yetiştirilmesi, gelecekteki üretim için zorunlu bir gereklilik haline gelmiştir.

Damlama sulama ile yapılan çeltik tarımında drenaj yoktur. Dolayısıyla drenaj ile ortaya çıkan problemlerin hiçbiri damlama sulama sisteminde görülmemektedir. Tava usulü çeltik ekilişinde özellikle sukaynaklarına yakın, suyun temininin fazla olduğu ve taban suyunu yüzeye yakın olduğu koşullarda uygulanması tercih edilirken, damlama sulama yönteminde kıt su kaynaklarının olduğu ve eğimli, çeltiküretime daha az elverişli olan tarım arazilerinde bile uygulanabildiği görülmüştür.

Ülkemizde çeltik yetiştiriciliğinde genellikle devamlı göllendirme sulama yöntemi tercih edilmektedir. Bu geleneksel sulama yöntemi, toprak yüzeyinde belirli bir derinlikte suyun sürekli olarak tutulmasını sağlar. Devamlı göllendirme sulamanın en büyük avantajı, çeltik bitkisinin susuzluk stresinden tamamen korunarak sağlıklı bir gelişim göstermesidir (Sürek, 2002). Ancak, bu yöntemin en büyük dezavantajı, sulama suyunun aşırı kullanımıdır (Özgenç ve Erdoğan,

1988). Bunun yanında devamlı sulamada iş gücü zorluğu da önemli bir sorundur. Bu dezavantajlar nedeniyle, ülkemizde çeltik ekimi, Çeltik Komisyonu'nun iznine bağlı olarak gerçekleştirilmektedir ve su kaynaklarının mevcut durumu dikkate alınarak yetiştiriciliğe izin verilmektedir. Günümüzde çeltik sulamasında, devamlı göllendirme sulamanın olumsuz etkilerini ortadan kaldıracak alternatif yöntemlerden biri olarak damla sulama yöntemi ön plana çıkmaktadır. Damla sulama, çeltik üretiminde su tasarrufu sağlamakta, tesviye masraflarını ortadan kaldırmakta ve aynı zamanda hasat işlemlerini daha kolay hale getirmektedir (Beşer ve ark., 2009).

Çeltik tarımında en büyük kısıtlayıcı faktör, sulama suyunun temini ve yönetimidir. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından inşa edilip işletmeye açılan sulama alanlarında, su yetersizliği ve enerji sorunları nedeniyle çeltik ekimine izin verilen alanlarda kısıtlamalar uygulanmaktadır. Bu bağlamda, çeltik ekili alanlarda su tasarrufu sağlayacak yöntemlerin yaygınlaştırılması hedeflenerek, damla sulama sistemlerinin kullanım potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çeltik ekiminin yasaklandığı bölgelerde ve daha sonrasında diğer ekilen alanlarda ciddi su kullanımını azalmaya yönelik olan damlama sulama yönteminin kullanımı ile yetiştiriciliğe izin verileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, bu yöntemlerde verimde azalmaya sebep olsa dahi, önemli oranda su kullanımındaki azalma nedeniyle çeltik yetiştiriciliği önerilebilir. (Nar, 2019)

Türkiye 2022/23 piyasa yılında yaklaşık 740 bin ton çeltik ithal etmiştir (TEPGE 2023). Tava usulü sulama sistemi damla sulama sistemine göre hem kullanılan su miktarı hem de buharlaşan su miktarı fazla olduğundan su kısıtının olduğu yıllarda çeltik ekim alanlarında daralmalar görülecek ve arz açığı oluşacaktır. Kısıtlı su kullanım yöntemleri arasında yer alan ilimizde farklı ürünlerde kullanılan damla sulama sistemi çeltik tarımında da yaygınlaştırılacaktır.

Bilindiği üzere tava sulama çeltik tarımı ekim nöbetine uygun bir yetiştiricilik modeli değildir. Dünyada ve ülkemizde yaşanan küresel iklim sorunlarının tehdidi, çeşitli nedenlerle kayıt altına alınamayan tarım arazilerinin etkin kullanılmasını sağlamaktır. Ekim/dikim alanlarından münavebeli üretim modeli ile üretimi yaparak birim alandan elde edilen verimi artırmak için, ekiliş programı yapılmayıp boş bırakılan arazilerin veya nadas alanlarının uygun münavebe planı ve ekim yöntemleri kullanılarak tarımsal üretime kazandırılması gerekmektedir. Damla sulama ile çeltik tarımı hem baklagil yem bitkileri ile münavebeli tarıma dâhil edilecek hem de çeşitli nedenlerle kayıt altına alınamayan boş, nadas atıl tarım arazileri tarıma kazandırılacaktır.

Tava sulama ile çeltik hasadı sonrasında yeni ürün ekilmesi için gereken toprak hazırlığı arazinin çamurlu olması vb. nedenlerle geç işlenmesi çeltik sonrası ekilecek ürünün vejetasyon dönemini etkilemektedir. Dolayısıyla damla sulama ile çeltik hasadı sonrasında herhangi bir özel koşul gerekmez tarla hazırlığı yapılarak farklı bir ürün ekilebilmektedir. Aynı zamanda tava sulama ile yıl içerisinde sadece çeltik üretimi yapılabilirken damla sulama yöntemi ikinci bir ürünün yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışma, farklı sulama yöntemlerinin üretici ve bölgenin kaynakları bakımından incelenmesi yapılarak karar verilecek bir bulgu olarak, üreticinin lehine sonuçlar doğuracak bir karar mekanizması olması açısından önemli olacaktır. Çalışmadan elde edilecek sonuçlar ile, bölgedeki üreticilerin üretim sürecinde daha bilinçli ve doğru kararlar almalarını teşvik ederek, belirli gelir seviyelerine ulaşmalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Tarım sektörüne tahsis edilen kaynakların beklenen amaç doğrultusunda kullanılması ve böylece kaynak israfının en aza indirilmesi ve kaynakların etkin kullanımı sağlanmış olacaktır. Bu çalışma konusu ile Çanakkale bölgesi çeltik tarımı ile ilgili veri tabanının oluşturulması ve yörede çeltik için uygun sulama yönteminin ortaya konması açısından da katkı sağlayacaktır.

Yukarıda belirtilen sebepler doğrultusunda farklı sulama yöntemleri ile yetiştiriciliği yapılan çeltik üretiminin girdi kullanım miktarlarının belirlenerek maliyet analizlerinin yapılması, iki yöntem ile yapılan yetiştiricilik arasındaki farklılığın olup olmadığının ortaya konulması başlı başına özgün değer oluşturmaktadır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışma, 2021-2022 üretim döneminde Çanakkale ilinde farklı sulama yöntemleriyle yetiştirilen çeltik üretiminin masraf unsurlarını, fiziki girdi kullanım düzeylerini ve birim ürün maliyetini hesaplamaya yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın materyali sözü edilen ilde her iki sulama yöntemi ile çeltik yetiştiren işletmelerden yapılacak anket yoluyla toplanan veriler oluşturulacaktır. Çanakkale’de Tarım ve Orman Bakanlığı Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nün “Damlaya Damlaya Çeltik Olur” Projesi kapsamında damlama sulama yöntemi ile çeltik yetiştiren işletmelerin tamamı araştırma kapsamına alınmıştır (Anonim 2021). Tava sulama yapan işletmeler ise damlama sulama yapan işletmelerin bulunduğu ilçe ve köylerde aynı koşulda ve özellikteki işletmelerden seçilerek aynı sayıda işletme ile anket yapılmıştır. Projeye dahil damlama sulama yöntemi ile çeltik yetiştiren 115 adet işletme ve aynı sayıda tava sulama yöntemi

ile çeltik yetiştiren işletme ile toplam 230 adet işletme sahibi ile yüzyüze görüşmek sureti ile anketler yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Araştırma alanında örneğe çıkan işletmeler ile yüzyüze dolduran anket formları ile elde edilen veriler kullanılarak bütçe yaklaşımından hareketle birim ürün maliyetleri hesaplanmıştır. Üretim faaliyeti ile ilgili ortalama fiziki ve mali değerler ağırlıklı ortalamaları ifade etmekte olup, kullanılan toplam girdi miktarları, toplam ürünün ekim alanına bölünerek dekara ortalama olarak hesaplanmıştır.

İncelenen işletmelerde birim ürün maliyetinin hesaplanmasında; üretim sürecinde kullanılan işgücü ve makine çekim gücü, girdi kullanım seviyeleri, ürün ve girdi fiyatları ile üretim miktarı göz önünde bulundurulmuştur.

İşletmelerdeki işgücü, cinsiyet ve çalışma süresi göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. İşgücü hesaplamasında günlük çalışma süresi 8 saat olarak kabul edilmiştir ve kullanılan işgücü, erkek işgücüne (EİB) dönüştürülerek erkek iş saati cinsinden ifade edilmiştir (Erkuş ve ark., 1995). İşçilik masrafları hesaplanırken, yabancı işçiler için yöredeki yabancı işçilere ödenen ücretler esas alınmıştır. Aile işgücü için ise, yabancı işçi ücretleri üzerinden alternatif ücretler hesaplanmıştır. Makine ile yapılan işlerde yalnızca makine sürücüsünün işgücü saatleri insan işgücü olarak kabul edilmiştir; ancak, makine sürücüsünün ücreti yöredeki genel uygulamalar doğrultusunda makine ücretine dahil edildiğinden, işçilik masrafları hesaplamasında dikkate alınmamıştır. Makine çekigücü masrafları ise, üreticinin kendi makinesini kullanması durumunda, yörede geçerli olan birim arazi işleme ücretleri göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.

İşletmelerde girdi kullanımının analizinde; kullanılan tohum, kimyasal gübre, mücadele ilacı ve su miktarları ile bunlar için ödenen ücretler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Taşıma ücretleri de çiftçilerin yapmış oldukları taşıma masrafları dikkate alınmıştır.

İşletmelerde sulama alet-ekipmanlarına ait değişen masrafların hesabında üreticinin ödediği mazot, yağ masrafı ile elektrik ücretleri olduğu gibi dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çeltik üretiminde sulama işlemlerinde tava ve damlama sulama yöntemi kullanılmaktadır. Üretim faaliyetinde kullanılan sulama alet-ekipmanları işletmelerin kendi malı olduğundan, bunlara ait amortisman ve faiz giderleri hesaplanarak maliyet hesabına dahil edilmiştir. Amortismanlar hesaplanırken, sulama alet-ekipmanlarının ekonomik ömrü dikkate alınarak doğru hat yöntemi kullanılmıştır (Çetin ve Tipi 2016).

Sulama alet-ekipman sermayesinin faizi hesabında, reel faiz oranı dikkate alınacak olup, amortisman hesabında doğru hat yöntemi kullanılacağından alet-ekipmanların ekonomik ömür boyunca ortalama değerleri maliyetlerinin yarısına eşit olacağından, faiz hesabı bunların kıymetlerinin yarısı dikkate alınarak yapılmıştır (Oğuz ve Bayramoğlu 2014).

Döner sermaye faizinin hesaplanmasında, üretim dönemi boyunca T.C. Ziraat Bankası'nın bitkisel üretim için belirlediği kredi faiz oranı esas alınmıştır. Değişken masrafların tamamının üretim dönemi süresince dağıldığı kabul edilerek, faiz hesaplaması bu masrafların yarı değeri üzerinden yapılmıştır. Genel idare giderleri ise üretim masraflarının %3'ü oranında dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Birim ürün maliyetinin hesaplanmasında, basit maliyet hesaplama yöntemi uygulanacaktır. Bu yöntemde, birim alana yapılan toplam üretim masrafları, o alandaki birim verime bölünerek birim maliyet belirlenmiştir.

Üretim faaliyetinin başarı düzeyinin tespiti için ise, birim alandaki karlılık oranı incelenmiştir. Bu amaçla, üretim faaliyetinin birim alana ait brüt ve net karları hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda aşağıdaki formüller kullanılmıştır:

Brüt Kar= Gayrisafı üretim değeri- Değişken Masraflar

Net Kar= Gayrisafı üretim değeri- Üretim masrafları

Farklı sulama yöntemleri ile yetiştirilen çeltik üretiminin masraf unsurları, fiziki girdi kullanım düzeyleri, birim ürün maliyetleri ve başarı düzeyleri karşılaştırılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmaya esas olarak Çanakkale ilinde iki farklı sulama yöntemleri ile üretilen çeltik üretimindeki fiziki girdi kullanım düzeylerini, masraf unsurlarını ve birim ürün maliyetlerinin hesaplandığı bu araştırmanın verileri 2021-2022 üretim dönemini kapsamıştır. Söz konusu dönemde Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün "Damlaya Damlaya Çeltik Olur" Projesi kapsamında damlama sulama yöntemi ile çeltik yetiştiren 115 işletme ile aynı sayıda tava sulama yapan toplam 230 işletmeden alınan verilerin bulguları verilmiştir.

Araştırma yöresinde damlama ve tava çeltik yetiştiriciliği yapan tarım işletmelerinde ortalama arazi genişliği sırasıyla 31,43 ve 123 da. 'dır. Damlama sulama ile üretim yapan işletmelerde işletme arazisinin tamamını mülk arazi, oluşturmaktadır. Tava sulama ile üretim yapan işletmelerde ise, % 61,47'sini mülk arazi, % 38,53'ünü kiralık arazi oluşturmaktadır.

Tava sulama yöntemiyle çeltik yetiştiren tarım işletmelerinde, dekara kullanılan materyal kullanım miktarları, işgücü, çekigücü ve üretim işlemleri, kullanılan ekipmanlar ile bu işlemlerin miktar ve parasal değerleri ve birim ürün maliyeti, Çizelge 1'de sunulmuştur.

Araştırma bulgularına göre bir dekar çeltik yetiştiriciliğinde 13,71 saat insan işgücü, 11,91 saat makine çekigücü kullanıldığı belirlenmiştir. İşletmelerde kullanılan insan işgücünün % 78,8'inin bakım, %10,9'unu ekim, % 7,8'inin toprak hazırlığı ve % 2,5'unun de hasat işlemlerinde kullanıldığı belirlenmiştir. Çeltik ekiminin elle yapılması sulama işlemlerinde insan işgücü kullanımının artmasına neden olmaktadır. Kullanılan makine çekigücünün % 88,2'sini bakım, % 9,0'ı toprak hazırlığında, %2,9'u hasat işlerinde kullanıldığı belirlenmiştir.

Tava sulama yöntemiyle üretim yapan işletmelerde bir dekar çeltik üretiminin toplam maliyeti 7.130 TL olarak hesaplanmıştır. Bu işletmelerde ortalama çeltik verimi 710 kg olup, toplam üretim masraflarının üretim miktarına oranlanmasıyla bir kilogram çeltik maliyeti 10,04 TL bulunmuştur. Çeltiğin ortalama satış fiyatı 15 TL olduğunda, her kilogram çeltikten 4,96 TL kar elde edilmektedir. Ayrıca, birim ürün maliyetine göre elde edilen karın satış fiyatına oranı %33 olarak hesaplanmıştır.

Damlama sulama ile çeltik yetiştiren tarım işletmelerinde, dekara kullanılan materyal kullanım miktarları, işgücü, çekigücü ve üretim işlemleri, kullanılan ekipmanlar ile bu işlemlerin miktar ve parasal değerleri ve birim ürün maliyeti, Çizelge 2'de sunulmuştur.

Araştırma bulgularına göre damlama sulama ile bir dekar çeltik yetiştiriciliğinde 8,23 saat insan işgücü, 5,04 saat makine çekigücü kullanıldığı belirlenmiştir. İşletmelerde kullanılan insan işgücünün % 62,5'inin bakım, % 31,6'sının toprak hazırlığı, % 4,1'inin hasat ve % 1,8'inin de ekim işlemlerinde kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanılan makine çekigücünün % 69,8'ini bakım, % 20,4'ü toprak hazırlığında, % 6,7'si hasat ve % 3,0'ı ise ekim işlerinde kullanıldığı belirlenmiştir.

Çizelge 1. Tava Sulama ile Çeltik Üretim Faaliyetinde Dekara Kullanılan Fiziki Üretim Girdileri ve Birim Maliyetler

Tava Sulama ile Çeltik Üretim Faaliyetinde Dekara Kullanılan Fiziki Üretim Girdileri ve Birim Maliyetler										
Üretim İşlemleri	İşlem Tarih ve Sayısı	Kullanılan İşgücü ve Çekigücü				Kullanılan Ekipmanlar	Kullanılan Materyal			Masraflar
		İşgücü		Çekigücü			Cinsi	Miktarı (kg veya adet)	Tutarı (TL)	Toplamı (TL)
		Saat	Tutar (TL)	Saat	Tutar (TL)					
1.TOPRAK HAZIRLIĞI										
Sürüm		0,26		0,26	185					185,0
İkileme		0,13		0,13	120					120,0
Üçleme		0,1		0,1	100					100,0
Dördüncü		0,2		0,2	100					100,0
beşinci sürüm		0,1		0,1	75					75,0
Tava ve Kanalların Haz.		0,2		0,2	80					80,0
Tırmık		0,08		0,08	100					100,0
2. EKİM										
Ekim işçiliği		1,5	46,9							46,9
3.BAKIM										
Gübreleme (2 kez)		0,16	2,5	0,08	80					82,5
İlaçlama (Y.Ot)		0,06	7,5	0,03	20					27,5
İlaçlama (Zararlı)		0,06	7,5	0,03	20					27,5
İlaçlama		0,16	20	0,08	20					40,0
Sulama		10,2	318	10,2	25					343,0
Gübreleme (2 kez)		0,16	2,5	0,08	70					72,5
4.HASAT										
Hasat		0,14		0,14	320					320,0
Taşıma		0,2		0,2	20,53					20,5
Kurutma		0,34		0,34	535					535,0
5. KULLANILAN GİRDİLER										
Tohum								22	15	330,0
a)15.15.15								40		408,0
b)Üre								17		221,0
c) Amonyum Sülfat								43		306,2
Zirai mücadele ilacı										200,0
Zirai mücadele ilacı										380,0
Zirai mücadele ilacı										200,0
Zirai mücadele ilacı										200,0
Su Bedeli										795,0
Döner Sermaye Faizi										247,4
A-DEĞİŞEN MASRAFLAR TOPLAMI										5563,0
a.Genel İdare Gideri (A x %3)										166,9
b.Tarla Kirası										1400,0
B-SABİT MASRAFLAR TOPLAMI										1566,9
C-ÜRETİM MASRAFLARI TOPLAMI(A+B)										7129,9
D- ÇELTİK ÜRETİMİ (kg/da)										710,0
E-1 kg ÇELTİK MALİYETİ (C/D)										10,0

Çizelge 2. Damlama Sulama ile Çeltik Üretim Faaliyetinde Dekara Kullanılan Fiziki Üretim Girdileri ve Birim Maliyetler

Damlama Çeltik Üretim Faaliyetinde Dekara Kullanılan Fiziki Üretim Girdileri ve Birim Maliyetler										
Üretim İşlemleri	İşlem Tarih ve Sayısı	Kullanılan İşgücü ve Çekigücü				Kullanılan Ekipmanlar	Kullanılan Materyal			Masraflar
		İşgücü		Çekigücü			Cinsi	Miktarı (kg veya adet)	Tutarı (TL)	Toplamı (TL)
		Saat	Tutar (TL)	Saat	Tutar (TL)					
1.TOPRAK HAZIRLIĞI										
Sürüm		0,26		0,26	150					150,0
İkileme (Tiller Ağır)		0,15		0,15	80					80,0
İkileme (Tiller Ağır)		0,15		0,15	80					80,0
Goble		0,1		0,1	80					80,0
İkileme (Tiller Hafif)		0,1		0,1	80					80,0
İkileme (Tiller Hafif)		0,1		0,1	80					80,0
Gübreleme		0,08	2,5	0,04	70					72,5
Tırmık		0,1		0,1	100					100,0
İlaçlama		0,06	7,5	0,03	40					47,5
Damlama Kurulumu		1,5	46,9							46,9
2. EKİM										
Ekim işçiliği		0,15		0,15	100					100,0
3. BAKIM										
Sulama (aralıklı)		3,3	103,1	3,3						103,1
İlaç (20 gün)		0,1		0,1	50					50,0
Gübreleme (3 kez)		0,24	2,5	0,12	100					102,5
Damlama Toplanması		1,5	46,9							46,9
4.HASAT										
Hasat		0,14		0,14	375					375,0
Taşıma		0,2		0,2	20,53					20,5
Kurutma		8,23		5,04	535					535,0
Ara Toplam										
5. Kullanılan Girdiler										
Tohum								20	15,0	300,0
a)15.15.15								40	9,2	367,8
b)Üre								15	10,0	150,0
c) Amonyum Sülfat								40	6,0	240,0
Zirai mücadele ilacı										400,0
Zirai mücadele ilacı										300,0
Su Bedeli										200,0
Sulama Yakıtı										59,4
Döner Sermaye Faizi										205,9
A-DEĞİŞEN MASRAFLAR TOPLAMI										4373,0
a.Genel İdare Gideri (A x %3)										131,2
b.Tarla Kirası										1400,0
c.Sulama Alet Mak. Ser. Amortismanı										340,0
d.Sulama Alet Mak. Ser. Faizi										42,0
B-SABİT MASRAFLAR TOPLAMI										1913,2
C-ÜRETİM MASRAFLARI TOPLAMI(A+B)										6286,0
D- ÇELTİK ÜRETİMİ (kg/da)										700,0
E-1 kg ÇELTİK MALİYETİ (C/D)										9,0

Damlama sulama yöntemiyle üretim yapan işletmelerde, bir dekar çeltik üretiminin toplam maliyeti 6.286 TL olarak belirlenmiştir. Bu işletmelerde ortalama çeltik verimi 700 kg olup, toplam üretim masraflarının üretim miktarına bölün-

mesiyle bir kilogram çeltik maliyeti 9,0 TL olarak hesaplanmıştır. Çeltiğin ortalama satış fiyatının 15 TL olduğu göz önüne alındığında, kilogram başına 6,0 TL kar elde edilmektedir. Birim ürün başına sağlanan karın satış fiyatına oranı ise %40 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. Damlama Sulama ve Tava Sulama ile Çeltik Yetiştiren İşletmelerde Birim Alana Üretim Masrafları ve Dağılımı

Masraf Unsurları	Damlama Sulama			Tava Sulama		
	Değer (TL/da)	Oran (%)	Oran (%)	Değer (TL/da)	Oran (%)	Oran (%)
Değişken Masraflar Toplamı	4.373	100,0	69,6	5563	100,0	78,0
-İşgücü Masrafları	209	4,8	3,3	405	7,3	5,7
-Makine Çekigücü Masrafları	1.941	44,4	30,9	1871	33,6	26,2
-Materyal masrafları	2.017	46,1	32,1	3040	54,7	42,6
Döner Sermaye Faizi	206	4,7	3,3	247	4,4	3,5
Sabit Masraflar Toplamı	1.913	100,0	30,4	1567	100,0	22,0
-Genel İdare Gideri	131	6,9	2,1	167	10,7	2,3
-Tarla Kirası	1.400	73,2	22,3	1400	89,3	19,6
-Sulama Alet-Makine Ser. Amort.	340	17,8	5,4	—	—	—
Sulama Alet-Makine Ser. Faizi	42	2,2	0,7	—	—	—
Üretim Masrafları Toplamı	6.286		100,0	7129,86		100,0

Damlama sulama ile üretim yapan işletmelerinde toplam üretim masraflarının % 69,6'sını değişen masraflar, %30,4'ünü sabit masraflar oluşturmaktadır. Değişen masraflar içinde en yüksek payı % 46,1 ile materyal masrafları almakta, bunu % 44,4 ile makine çekigücü, % 4,8 ile işgücü masrafları, % 4,7 ile de döner sermaye faizi izlemektedir. Tarla kirası % 73,2 ile sabit masraflar içinde en yüksek payı almakta, bunu sırasıyla %17,8 ile sulama alet-makinelerinin amortismanı, % 6,9 ile genel idare gideri ve % 2,2 ile sulama alet-makine sermayesinin faizi izlemektedir (Çizelge 3).

Tava sulama ile üretim yapan işletmelerde toplam üretim masrafları, sözleşmeli üretim yapan işletmelere göre %11,8 daha yüksek olup, değişen masrafların payı % 78, sabit masrafların payı % 22'dir.

Değişen masraflar içinde en yüksek payı materyal masrafları(%54,7) almaktadır. Bunu sırasıyla makine çekigücü (%33,6), işgücü masrafları (%7,3) ve döner

sermaye faizi(% 4,4) izlemektedir. Damlama sulama ile üretim yapan işletmelerde olduğu gibi sabit masrafların içinde en yüksek payı tarla kirası(% 89,3) almakta olup, bunu genel idare gideri (%10,7) izlemektedir. Tava sulama ile üretim yapan işletmelerde sulama alet makine amortismanı ve sermaye faizi bulunmamaktadır (Çizelge 3).

Damlama sulama ile üretim yapan işletmelerde çeltik yetiştiriciliğinde dekara elde edilen gayrisafi üretim değeri 10.500 TL/da olarak hesaplanmıştır. Tava sulama ile üretim yapan işletmelerde ise gayrisafi üretim değeri 10.650 TL/da'dır. 1 dekar çeltik üretiminden elde edilen brüt kar, damlama sulama ile üretim yapan işletmelerde 6.127 TL/da, tava sulama ile üretim yapan işletmelerde ise 5.078 TL/da'dır (Çizelge 4). Çeltik üretiminde dekardan elde edilen brüt karın gayrisafi üretim değerine oranı sırasıyla damlama sulama yöntemini kullanan işletmelerde % 58, tava sulama yöntemini kullanan işletmelerde % 48 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4. Damlama Sulama ve Tava Sulama ile Çeltik Yetiştiren İşletmelerde Birim Alana Masraflar, Brüt ve Net Karlar

Masraf ve Gelir Unsurları	Damlama Sulama Değer(TL/da)	Tava Sulama Değer(TL/da)
Gayrisafi Üretim Değeri	10.500	10.650
Değişen Masraflar	4.373	5.563
Üretim Masrafları	6.286	7.130
Brüt Kar	6.127	5.078
Net Kar	4.214	3.520

Damlama sulama ve tava sulama ile çeltik yetiştiren işletmelerde dekara net kar sırasıyla 4.214 TL/da ve 3.520 TL/da olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Net karın gayrisafi üretim değerine oranı ise % 40 ve % 33 olarak hesaplanmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Damlama sulama yöntemi ve tava sulama yöntemi ile üretim yapan işletmelerden elde edilen veriler karşılaştırıldığında; tava sulama ile üretim yapan işletmelerin daha geniş arazilerde üretim yaptıkları belirlenmiştir. Henüz damlama sulama ile üretimin yaygınlaşmadığı görülmektedir. İki üretim sistemi arasında üretim işlemleri açısından, kullanılan işgücü ve makine çeki gücü kullanımı açısından farklılıklar bulunmaktadır. Damlama sulama ile üretim yapan işletmeler teknolojik yeniliklerden daha fazla yararlandıkları, işgücü ve makine çeki gücünü daha etkin kullandıkları, birim alana kullanılan girdilerden özellikle suyu daha az kullanarak aynı verimi elde ettikleri belirlenmiştir. Birim ürün maliyetinin dam-

lama sulama ile üretim yapan işletmelerde daha düşük bulunmuştur. Aynı zamanda tava sulama ile yıl içerisinde sadece çeltik üretimi yapılabilirken damla sulama yöntemi ikinci bir ürünün yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Damlama sulama yöntemiyle üretim yapan işletmeler, tava sulama yöntemiyle üretim yapan işletmelere kıyasla %21 daha fazla brüt kar ve %20 daha fazla net kar elde etmiştir.

Damla sulama, çeltik tarımında su tasarrufu, verim artışı ve kalite gelişimi sağlayarak birçok avantaj sunmaktadır. Tava sulama yöntemine göre %50'ye varan su tasarrufu sağlanabilir. Ayrıca basınçlı sulama sistemi olduğu için daha az enerji tüketir. Böylece ekonomik olarak tasarruf sağlanmış olacak ve çevreye zararda daha az olacaktır. Gelecekte, damla sulama teknolojisinin daha da geliştirilmesi ve çeltik üretiminde daha yaygın kullanılması için araştırma ve geliştirme çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Damla sulama sistemlerinin çeltik yetiştiriciliğinde yaygınlaşması için yetiştirilecek bölgeye özel bir strateji geliştirilmelidir. Bu stratejide, bölgenin su kaynakları, toprak koşulları ve çeltik yetiştirme uygulamaları göz önünde bulundurularak yapılması gerekmektedir. Damla sulama sistemlerinin yaygınlaşması için devlet gerekli altyapı yatırımları yapılmalı ve teknik destek verilmelidir. Bu kapsamda, sulama suyunun temini ve dağıtımı için gerekli tesisler kurulmalı ve iyileştirilmesi son derece önemlidir.

Damla sulama tesislerinin kurulum maliyeti yüksek olduğu için, üreticilere kredi, hibe ve destekler verilmelidir. Ayrıca sulama sisteminin kurulması ve kullanımı sırasında teknik destek sağlanmalıdır.

Bölgede damla sulama sistemleri ile ilgili pilot uygulamalar ve demonstrasyonlar düzenlenmelidir. Bu sayede, çiftçiler damla sulamanın faydalarını ve uygulamasını yerinde görebileceklerdir. Bölgedeki tarımsal eğitim kurumlarında damla sulama sistemleri ile ilgili eğitim programları başlatılmalıdır.

Teşekkürler: Bu çalışma, Tübitak 2022/ 1.Dönem, Başvuru numaralı: 1919B0122055010, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2021 <https://canakkale.tarimorman.gov.tr/Haber/492/> Damlaya-Damlaya-Celtik-Olur-Projesinde- Celtikler- Yeşermeye- Basladi.
- Beşer, N., Sürek, H., Şahin, S., Kaya, R., Tuna, B., Çakır, R., 2009. Çeltikte (Oryza sativa L.) Damla Sulama Araştırmaları Projesi Sonuç Raporu, Proje No: TA-GEM/TA/07/07/04/001, Edirne
- Çakmak, B.- Gökalp, Z.-2011. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 4 (1): 87-95, 2011.
- Çetin, B., Tipi, T., 2016. Tarım Muhasebesi, Nobel Yayınları, Geliştirilmiş ve Güncellenmiş 3. Baskı, Yayın No:1545,Ankara. ISBN: 978-6905-320-451-0
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kıral, T., Açıl, F., Demirci, R., 1995. Tarım Ekonomisi, A.Ü.Z.F. Eğitim, Araştırma ve GeliştirmeVakfı Yayınları, Yayın No:5, Ankara.
- FAO, 2022. Global IPM facility available. <http://faostat.fao.org/>
- Kapluhan, E., 2013. Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 27, Ocak - 2013, S. 487-510 İSTANBUL – ISSN:1303-2429 copyright ©2013 <http://www.marmaracog-rafya.com> Türkiye’de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi (Drought and Drought in Turkey Effect of Agriculture).
- Nar, H., 2019. Çeltik Bitkisinde Damla Sulama İle Su Tutma Bariyerinin Kullanımı, ÇOMÜ Fen bilimleri enstitüsü yüksek lisans tez çalışması.
- Oğuz, C., Bayramoğlu, Z., 2014. Tarım Ekonomisi, Atlas Akademi, Konya. ISBN:978-605.63373-3-8.
- Özgenç N., Erdoğan, F.C., 1988. DSİ Sulamalarında Bitki Su Tüketimleri ve Sulama Suyu İhtiyaçları. DSİ Basım veFoto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 88-91.
- Sürek H., 2002. Çeltik Tarımı Kitabı. Hasad Yayıncılık. İstanbul.
- Sürek ve ark., 2016. Yabancı ot ilaçlarına dayanıklı bazı çeltik (Oryza sativa L.) genotiplerinin geliştirilmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi. 25 (ÖZEL SAYI-1). 94-99.
- TÜİK, 2024. Bitkisel Ürün Denge Tabloları Erişim: <http://www.tuik.gov.tr/> Erişim Tarihi. 13.11.2024
- TEPGE, 2023. Pirinç Durum ve Tahmin 2023
- Yadav S., Reyes, L., 2016. Why Invest in Optimizing Water Use in Rice Farming. Rice Today, 15(2): 34-36.



BÖLÜM 13

Kağıdı Yeniden Düşünmek: Endüstri 4.0 ve Ötesi

Ahmet Bora Kırklıkçı¹

¹ Doç. Dr. , Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler MYO/Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü-Üretimde Kalite Kontrol Programı, ORCID: 0000-0002-0401-8182

GİRİŞ

Üretim sektörü günümüzde yüksek sermaye maliyetleri, düşük kar marjları ve piyasa istikrarsızlığı gibi önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Özellikle küçük ölçekli üreticiler, üretim yöntemlerini yükseltmek ve uygun fiyatlı eğitim ve ekipmana erişmek için mücadele etmektedir (Paul et al., 2014; Bhattacharya et al., 2015).

Üretim, ekonomik kalkınmanın kritik bir unsurudur. Ekonomik kalkınma geleneksel olarak büyümek için uzmanlaşma ve makineleşmeye dayanır. Ancak bu yaklaşımın çoğunlukla kirlilik, kaynakların tükenmesi ve atık üretimi yoluyla çevre açısından olumsuz sonuçları olmuştur. Günümüzün sorunu, bu olumsuz etkileri hafifletirken ekonomik kalkınmayı sağlamaktır. Üretken dünyada hem yeşile hem de sürdürülebilirliğe (daha büyük resim) odaklanmak daha faydalı hale gelmiştir. Bu nedenle çevrenin kapasitesini artıran ve çevreye verilen olumsuz etkileri telafi eden yenilikçi teknolojilerin kullanılması bir zorunluluk olmuştur (Rusinko, 2007; Maruthi and Rashmi, 2015; Leong et al., 2019).

Endüstri 4.0 (E 4.0) teknolojilerinin yaygınlaşması, ekonomik kalkınmanın temeli olan verimliliğin artırılmasının altında yatan bir güç olarak ortaya çıkmıştır. E 4.0 yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT) ve otomasyon gibi ileri teknolojilerin geleneksel üretim süreçlerine entegrasyonu ile karakterize edilen yeni bir sanayi devrimini ifade etmektedir. Bu ilerlemeler makinelerin birbirleriyle iletişim kurduğu, süreçleri optimize etmek için verileri analiz ettiği ve hatta kendi kendine bakım yaptığı yeni dijital üretim sistemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Müller et al., 2019; Culot et al., 2020).

E 4.0'dan önceki her devrim tipik olarak tek ve çığır açan bir teknolojiye odaklanmıştır. İlk devrim buhar gücüyle makineleşmeyi, ikincisi montaj hatlarıyla seri üretimi, üçüncüsü ise bilgisayarları ve otomasyonu getirmiştir (Daemmrigh, 2017). Önceki üç devrimden farklı olarak E 4.0, tek bir teknolojiyi değil, teknolojilerin bileşimini temsil eder ve teknolojik dönüşümlerdeki yeniliklerden maksimum fayda elde etmeyi temel alır (Jäger and Lerch 2020). E 4.0 ile ilgili teknolojiler nesnelerin yerleştirilmesi ve tanımlanması, sensör teknolojisi, makineden makineye iletişim, insan-makine etkileşimi, büyük veri ve bulut bilişim, ileri analitik ve yapay zekadır (Bartodziej, 2017).

E 4.0'ın önemli potansiyele sahip olduğu sektörlerden biri orman ürünleridir. Orman ürünleri sektöründe sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için hem çevresel hem de ekonomik unsurlara öncelik verilmelidir. Orman ürünleri üreticileri, çevre dostu uygulamaları benimseyerek ve yenilikçi teknolojilere yatırım yaparak karbon ayak izlerini azaltabilir ve kaynak verimliliğini artırabilirler (Molinaro

and Orzes, 2022). E 4.0 teknolojileri bir ormanın özelliklerini derinlemesine anlamaktan, hammaddeleri uygun şekilde yönetmeye ve daha iyi ürün sağlamaya kadar tüm süreçleri iyileştirmek için kullanılabilir (Teischinger, 2017).

Bu doğrultuda bu kitap bölümünde, orman ürünleri alt sektörlerinden biri olan kağıt sektöründe E 4.0'ın potansiyelinin anlaşılması ve E 4.0'ın kağıt endüstrisini nasıl dönüştüreceği ve geleceğini nasıl şekillendireceği konusunda öngörülerin sağlanması amaçlanmıştır.

ORMAN ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE E 4.0'IN POTANSİYELİ

E 4.0 teknolojileri, sensörler ve otomasyon aracılığıyla ormancılığın fiziksel dünyasını (ormanlar, değirmenler) dijital dünyaya (veri, analitik) bağlayabilir (Ehrlich-Sommer et al., 2024). Ahşap, işlenerek farklı değerli ürünlere dönüştürülebilen bir hammaddedir ve her metreküpün dikkatli kullanılması için verimli ve entegre teknolojiler kullanılmalı ve atıklar büyük ölçüde en aza indirilmelidir (Molinos 2011, 2013). E 4.0, kaynak kullanımını optimize ederek ve israfı en aza indirerek, uzun vadede Sürdürülebilir Kalkınma Gündeminde de vurgulanan orman sağlığından ödün vermeden artan talepleri karşılayabilir (Fallah Shayan et al., 2022; Molinaro and Orzes, 2022). Orman ürünleri sektöründe kesme ve imalat süreçlerinin optimizasyonu önemli bir ihtiyaçtır (Wieruszewski et al., 2023). Orman ürünlerinin tasarımı ve üretimi için oluşturulan siber-fiziksel ortamlar ile üretim süreçleri optimize edilerek verimlilik artırılabilir (Chang and Chen, 2017). Ayrıca odun tedarik zincirinden üretimine kadar devam eden süreç boyunca üretilen büyük miktarda veri, sektörün iyileştirilmesi için kullanılabilir (Zhang et al., 2020; Legg et al., 2021)

Ormancılık sektöründe E 4.0'ın ekonomik potansiyeli diğer sektörlerle göre nispeten düşük olsa da (brüt katma değerde %15 artış) yeni dijital çözümler sektöre çok yönlülük sağlayabilir (Bauer et al., 2014). Öte yandan yakın zamana kadar ormancılık sektöründe E 4.0 teriminin farkındalığı ve kullanımı sınırlıdır. Birçok işletme üretim süreçlerini manuel olarak yürütmeye devam etmektedir ve sektör otomasyonun sunduğu potansiyelin tam olarak farkında değildir (Müller et al., 2019; Landscheidt and Kans, 2019; Buehlmann and Forth, 2020).

Türkiye'de ormancılık ve orman ürünleri sektörü için E 4.0'ın potansiyeli yeterince tartışılmamış ve E 4.0'ın gelecekte bu sektörleri nasıl değiştirebileceğine ilişkin çok az sayıda uygulama örneği verilmiştir. İl düzeyindeki bir çalışmada işletmelerin %42,9'u E 4.0 için yeterli olduğu görüşündedir (Hatipoğlu and Tuncan, 2020). Mobilya ve levha işletmelerinde çalışanlar üzerinde yapılan bir çalışmada ise en çok tanınan E 4.0 teknolojisi dijital bağlantıdır. Çalışanlara göre E 4.0'ın uygulanmasının önündeki temel engeller vasıflı işçi eksikliği ve yüksek

maliyetlerdir. Mobilya işletmeleri çalışanları E 4.0 konusunda levha işletmeleri çalışanlarına göre daha az bilinçlidir. Her iki sektördeki işletmelerin yalnızca küçük bir yüzdesi E 4.0 veya akıllı üretim stratejisine sahiptir (Kırklıkçı, 2024).

KAĞIT SEKTÖRÜNDE E 4.0 UYGULAMALARININ POTANSİYELİ

Kağıt üretimi, ham maddelerin temininden son ürüne kadar çeşitli aşamaları içeren karmaşık bir süreçtir. Kağıdın birincil ham maddesi olan odun, özellikle yumuşak ve sert ağaçlardan elde edilir. Kimyasal hamur üretiminde odun yongaları, odun liflerini birbirine bağlayan madde olan lignini çözmek için kimyasallarla pişirilir. Bu işlemde daha yüksek kaliteli kağıt üretilir ve daha çevre dostudur (Pulp and Paper Technology, 2024).

Araştırmalar, kağıt üretiminde E 4.0 için temel odak noktasının tutarlı kullanılabilirlik ve iyileştirilmiş ürün kalitesi elde etmek olduğunu göstermektedir. Sensör verilerini ve makine öğrenimini kullanan kestirimci bakım, ekipman arızalarının önceden tahmin edilmesine ve kesintilerin en aza indirilmesine yardımcı olabilir (Molinaro and Orzes, 2022). Sensör ağları ve gerçek zamanlı süreç izleme gibi E 4.0 teknolojileri, üretim boyunca kağıt kalitesini sürekli olarak izleyebilir (Ahlén et al., 2019). Örneğin, kağıt hamuru üretimi ve kağıt yapımı aşamasında çalışanların ani yüksek gaz konsantrasyonlara maruz kalmalarının ve olumsuz sağlık etkilerinin önlenmesi için kullanılan elektronik burun (EN), bir dizi gaz sensörü teknolojisidir (Prasad et al., 2022). Makine öğrenimi algoritmaları, sensörlerden ve makinelerden gelen büyük miktarda veriyi analiz edebilir. Bu veriler, kağıt yapım sürecinde makine ayarlarının optimize edilmesi veya arıza süresinin azaltılması gibi iyileştirilecek alanları belirlemek için kullanılabilir (Jayasri et al., 2017).

Bulut bilişim ve uzaktan izleme gibi E 4.0 teknolojileri, kağıt fabrikalarının coğrafi olarak dağınık tesisleri yönetmesine olanak sağlayabilir (Ludwig, 2022). Bu, uluslararası pazarlara açılmak veya denizaşırı ortaklarla iş birliği yapmak isteyen şirketler için yararlıdır (Santos et al., 2017). E 4.0 sistemlerinden gelen gerçek zamanlı veriler ve analizler, kağıt hammaddesi tedarik zincirinde daha iyi görünürlük sağlayabilir (Tsai and Lai, 2018; Feng et al., 2023). E 4.0 teknolojileri, kağıt fabrikalarının değişen pazar taleplerine veya müşteri ihtiyaçlarına daha uyumlu olmasını sağlayabilir (Vimal et al., 2022). Örneğin akıllı makineler, farklı kağıt kaliteleri veya spesifikasyonları üretecek şekilde hızla yeniden programlanabilir. Bu çeviklik, kağıt fabrikalarına dinamik bir pazarda rekabet avantajı sağlar.

Kağıt fabrikalarında "akıllı üretime" ulaşmada gerçek zamanlı veri alışverişi, analitiklere dayalı süreç optimizasyonu ve dijital ikizlerin üretim süreçlerini simüle etme potansiyeli vurgulanmaktadır (Zhang et al., 2020). Veri analizi ile hammadde kullanımı (odun hamuru, su) optimize edilebilir ve kağıt üretiminde atık oluşumu en aza indirilebilir (Chang and Chen, 2017). Bir kağıt şirketinin üretim verilerine dayanan bir çalışmada, yeşil üretim teknolojilerini, faaliyet tabanlı maliyetlemeyi (ABC) ve kısıt teorisini (TOC) bütünleştiren E 4.0'ın geliştirdiği ilgili teknolojilerin biri olan matematiksel programlama karar modeli kullanılmış ve bu modelin en iyi üretim planlarının hazırlanması ve en uygun karlı ürün karışımının elde edilmesinde etkisi ortaya konulmuştur (Tsai and Lai, 2018). Tahmine dayalı analitik kağıt endüstrisinde makine arızalarını önlemek için kesirimli bakıma ve satış tahminlerine göre stok seviyelerini optimize etmeye yararlı olabilecektir (Rechlin et al., 2020). Ek olarak kağıt işletmeleri teknolojik çözümlerle sürdürülebilir uygulamalar gerçekleştirmek için yeni iş modellerini benimsemelidir (Sopelana et al., 2023).

Kağıt endüstrisi son derece kirlotici bir endüstri olmakla birlikte, aynı zamanda uzun vadeli kapasite fazlası durumunda kağıt ürünlerinin fiyatı sıklıkla baskılanmakta ve bu da karlılığı düşürmektedir (Tsai and Lai, 2018). Kağıt üretici işletmelerin dijital dönüşüme ulaşmayı hedeflerken karşılaştığı zorlukların yalnızca kuruluşun mevcut dijitalleşme düzeyiyle ilgili olmadığını, aynı zamanda müşterilerine, ürün satışına ve faaliyet gösterdiği pazara da bağlı olduğunu belirtmiştir (Yang Melsom and Plum, 2022).

Dijital müşteri etkileşimleri teknolojileri kağıt işletmelerinin müşterilerle etkileşimini doğrudan etkileyebilir (Vimal et al., 2022). Günümüzde kağıt işletmeleri özellikle Covid 19 pandemisi sonrası online sipariş ve satış platformları ve müşteri hizmetleri ve desteği için dijital araçlara doğru bir değişim geçirmektedir (Sobotkiewicz and Waniowski, 2022). Avrupa kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinin 2030 yılında rekabet edebilirliğin temel itici güçleri arasında enerji ve malzeme verimliliği, sürdürülebilirlik ve müşteri ihtiyaçlarına daha iyi hizmet verecek ürünlerdeki yeniliklerin yer alacağı bildirilmektedir (Toppinen et al., 2017). Üstelik sosyal davranışlardaki değişimler nedeniyle, tüketicilerin "yeşil aklamagreen washing" algısı riskinden kaçınmak için işletmelerin sürdürülebilirlik iddialarını somut verilerle kanıtlaması kritik hale gelmiştir (Vivas et al., 2024).

Kağıt endüstrisinde E 4.0 teknolojilerinin yatırım getirisi (ROI) belirsiz olabilir. Yeni ekipman, yazılım ve eğitim için önemli ön maliyetler söz konusu olabilir (Çiçekler and Tutuş, 2024). Çalışanlar, maliyetin artan verimlilik veya üretkenlik gibi uzun vadeli faydalarla karşılanıp karşılanmayacağından emin olmayabilir. Yeni teknolojiye yapılan bir yatırımın belirsiz (mali) faydalarının engelleyici bir

faktör olması sorumlu uzmanlar ve yönetim için uygun eğitimle ortadan kaldırılabılır (Ludwig, 2022). Yanı sıra, birçok kağıt fabrikasında E 4.0 teknolojileriyle uyumlu olmayan eski ekipmanlar bulunabilir. Tesislerin iyileştirilmesi pahalı ve zaman alıcı olabilir (Kramer et al., 2009). İşletmeler E 4.0 farkındalığını artırmak için çalışanlar ile açık bir iletişim sağlamalıdır. Çalışanlar ile E 4.0'ın hem faydaları hem de zorlukları açıkça tartışılarak, E 4.0'ın getirdiği değişikliklere uyum sağlamalarına yardımcı olunabilir. Kağıt işletmelerinin güvenli bir sanal ortamda yeni ekipmanlar konusunda çalışanları eğitmek ve verimliliği artırmak için üretim senaryolarının simüle edilmesi potansiyelleri kullanılabilir (Zhou, 2022).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu kitap bölümünde kağıt endüstrisinin E 4.0'a dönüşümünün kesitsel bir görüntüsünü sunulmaya çalışılmıştır. Kağıt endüstrinin dijital devrime adaptasyonuna ilişkin daha kapsamlı bir resim oluşturulabilmesi için daha fazla veriye ihtiyaç vardır. Mevcut araştırmaların sonuçlarına göre kağıt işletmelerin bir bölümü otomasyona odaklanma, tasarım ve prototip oluşturma ve kurumsal entegrasyona yönelik bilgi teknolojilerine yönelmiştir. Yine işletmelerin kısmi bir bölümü kağıt endüstrisinin dijital teknolojilerin müşteri etkileşimini nasıl iyileştirebileceği, süreçleri nasıl optimize edebileceği ve potansiyel olarak yeni iş fırsatları yaratabileceği konusunda daha fazla katkı sağlayacağına inanmıştır.

E 4.0 teknolojileri kağıt fabrikalarına gelişmiş ürün kalitesi ve operasyonel verimlilikten daha fazla esnekliğe ve pazar erişimine kadar çeşitli avantajlar sunmaktadır. Kağıt fabrikaları bu teknolojileri benimseyerek daha rekabetçi ve endüstrinin sürekli değişen taleplerine daha duyarlı hale gelebilir. İşletmeler E 4.0 teknolojilerinin yatırım getirisini göstermek için maliyet-fayda analizleri yapmalı, çalışanlara yeni teknolojilerin nasıl kullanılacağı konusunda eğitim ve destek sağlamalı ve tesisleri E 4.0 ile uyumlu hale getirecek şekilde yükseltmeye yatırım yapmalıdır. Kağıt işletmeleri bu endişeleri gidererek çalışanların direncini aşabilir ve E 4.0'a daha sorunsuz bir geçişin önünü açabilir.

KAYNAKLAR

- Ahlén, A., Akerberg, J., Eriksson, M., Isaksson, A.J., Iwaki, T., Johansson, K.H., ... & Sandberg, H. (2019). Toward wireless control in industrial process automation: A case study at a paper mill. *IEEE Control Systems Magazine*, 39(5), 36-57.
- Bartodziej, C.J. (2017). *The Concept Industry 4.0*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., & Ganschar, O. (2014). *Industrie 4.0–Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V; FraunhoferInstitut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Berlin, Stuttgart.
- Bhattacharya, A., Dey, P. K., & Ho, W. (2015). Green manufacturing supply chain design and operations decision support. *International Journal of Production Research*, 53(21), 6339-6343.
- Buehlmann, U., & Forth, K.D. (2020) Lack of a plan limits Industry 4.0 development for many companies. *FDMC Magazine*. May, 28-30.
- Chang, D., & Chen, C.H. (2017). Digital design and manufacturing of wood head golf club in a cyber physical environment. *Industrial Management & Data Systems*, 117(4), 648-671.
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617.
- Çiçekler, M., & Tutuş, A. (2024). *Industry 4.0 in the Paper Industry: A Review from Past to Present*. 4th International Conference on Innovative Academic Studies (ICIAS), 12-13 March 2024, Konya, Türkiye, 136-140.
- Daemmrch, A. (2017). Invention, innovation systems, and the Fourth Industrial Revolution. *Technology & Innovation*, 18(4), 257-265.
- Ehrlich-Sommer, F., Hoenigsberger, F., Gollob, C., Nothdurft, A., Stampfer, K., & Holzinger, A. (2024). Sensors for Digital Transformation in Smart Forestry. *Sensors*, 24(3), 798.
- Fallah Shayan, N., Mohabbati-Kalejahi, N., Alavi, S., & Zahed, M. A. (2022). Sustainable development goals (SDGs) as a framework for corporate social responsibility (CSR). *Sustainability*, 14(3), 1222.
- Feng, B., Hu, X., & Orji, I. J. (2023). Multi-tier supply chain sustainability in the pulp and paper industry: a framework and evaluation methodology. *International Journal of Production Research*, 61(14), 4657-4683.
- Hatipoğlu, C., & Tunacan, T. (2020). Bilecik Organize Sanayi Bölgesinde Bulunan İşletmelerin Endüstri 4.0 Açısından Durum Değerlendirmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(4), 3689-3701.

- Jäger, A., & Lerch, C. (2020). Readiness for Industry 4.0, insights in the Upper-Rhine region. *Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI*. Karlsruhe, Germany.
- Jayasri, S.P., Vyshnavi, N., & Moorthi, S. (2017). *Wireless Monitoring, Control and Automation in Pulp and Paper Industry*. 14th IEEE India Council International Conference (INDICON), 1-5.
- Kırklıkçı, A. B. (2024). Examination of Industry 4.0 Awareness, Perceptions, and Actions of Employees in Furniture and Board Businesses. *Forest Products Journal*, 74(1), 1-9.
- Kramer, K. J., Masanet, E., Xu, T., & Worrell, E. (2009). *Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the pulp and paper industry*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Landscheidt, S., & Kans, M. (2019). Evaluating factory of the future principles for the wood products industry: Three case studies. *Procedia manufacturing*, 38, 1394-1401.
- Legg, B., Dorfner, B., Leavengood, S., & Hansen, E. (2021). Industry 4.0 Implementation in US Primary Wood Products Industry. *Drvna Industrija*, 72(2), 143-153.
- Leong, W. D., Lam, H. L., Ng, W. P. Q., Lim, C. H., Tan, C. P., & Ponnambalam, S. G. (2019). Lean and green manufacturing—a review on its applications and impacts. *Process integration and optimization for sustainability*, 3, 5-23.
- Ludwig, L. (2022). *Possibilities and challenges of maintenance digitalization in plant intensive companies with a focus on the Austrian pulp and paper industry*, Master Thesis, Technische Universität Wien.
- Maruthi, G. D., & Rashmi, R. (2015). Green Manufacturing: It's Tools and Techniques that can be implemented in Manufacturing Sectors. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 3350-3355.
- Molinaro, M., & Orzes, G. (2022). From forest to finished products: The contribution of Industry 4.0 technologies to the wood sector. *Computers in Industry*, 138, 103637.
- Molinos, V. (2011). *Wood-based industries study in Nigeria*. Federal Forestry Department, Ministry of Environment, Nigeria, Unpublished Report for International Tropical Timber Organization.
- Molinos, V. (2013). *Re-energizing Nigeria's forest and wood products sector*. ITTO Tropical Forest Update. 22, 7-10.
- Müller, F., Jaeger, D., & Hanewinkel, M. (2019). Digitization in wood supply—A review on how Industry 4.0 will change the forest value chain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 206-218.

- Paul, I. D., Bhole, G. P., & Chaudhari, J. R. (2014). A review on green manufacturing: it's important, methodology and its application. *Procedia materials science*, 6, 1644-1649.
- Prasad, P., Raut, P., Goel, S., Barnwal, R. P., & Bodhe, G. L. (2022). Electronic nose and wireless sensor network for environmental monitoring application in pulp and paper industry: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(12), 855.
- Pulp and Paper Technology, (2024), <https://www.pulpandpaper-technology.com>, Erişim tarihi:10.11.2024
- Rechtin, C., Zarko, B. A., & Lewis, A. (2020). Part 1: Papermaking industry 4.0 gain more insight from the data you already have. *Appita Magazine*, 3, 36-42.
- Rusinko, C. (2007). Green manufacturing: an evaluation of environmentally sustainable manufacturing practices and their impact on competitive outcomes. *IEEE transactions on engineering management*, 54(3), 445-454.
- Santos, C., Mehra, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia manufacturing*, 13, 972-979.
- Sobotkiewicz, D., & Waniowski, P. (2022). Changes in Relationships with Business Customers under the Influence Pandemic on the Example of a Medium-Sized Enterprise in the Paper Industry. *European Research Studies Journal*, 25(2).
- Sopelana, A., Oleaga, A., Cepriá, J. J., Bizjak, K. F., Paiva, H., Rios-Davila, F. J., ... & Cañas, A. (2023). Enhancing Circular Business Model Implementation in Pulp and Paper Industry (PPI): A Phase-Based Implementation Guide to Waste Valorisation Strategies. *Sustainability*, 15(24), 16584.
- Teischinger, A. (2017). From Forest to Wood Production—A selection of challenges and opportunities for innovative hardwood utilization. 6th International Scientific Conference on Hardwood Processing, Lahti, Finland, 25-28.
- Toppinen, A., Pätäri, S., Tuppur, A., & Jantunen, A. (2017). The European pulp and paper industry in transition to a bio-economy: A Delphi study. *Futures*, 88, 1-14.
- Tsai, W. H., & Lai, S. Y. (2018). Green production planning and control model with ABC under industry 4.0 for the paper industry. *Sustainability*, 10(8), 2932.
- Vimal, K. E. K., Churi, K., & Kandasamy, J. (2022). Analysing the drivers for adoption of Industry 4.0 technologies in a functional paper–cement–sugar circular sharing network. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 459-477.
- Vivas, K. A., Vera, R. E., Dasmohapatra, S., Marquez, R., Van Schoubroeck, S., Forfora, N., ... & Gonzalez, R. (2024). A Multi-Criteria Approach for Quantifying the Impact of Global Megatrends on the Pulp and Paper Industry: Insights into Digitalization, Social Behavior Change, and Sustainability. *Logistics*, 8(2), 36.

- Wieruszewski, M., W. Turbański, K. Mydlarz, and M. Sydor. (2023), Economic efficiency of pine wood processing in furniture production. *Forests*, 14, 688.
- Yang Melsom, A., & Plum, D. M. (2022). Digital Transformation of B2B Sales Organisations: A case study of a Swedish paper manufacturer.
- Zhang, X., Wang, J., Vance, J., Wang, Y., Wu, J., & Hartley, D. (2020). Data analytics for enhancement of forest and biomass supply chain management. *Current Forestry Reports*, 6(2), 129-142.
- Zhou, H. (2022). Application of Virtualization for Process Control Experiments. In *Journal of Physics: Conference Series*, 2160(1), 012034).



BÖLÜM 13

Sekonder Metabolitler

Meliha Feryal Sarıkaya¹ & Muhammed Tatar²

¹ Arş. Gör., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7277-1128

² Arş. Gör., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8312-8434

1. GİRİŞ

Bitkiler primer bileşikler olan karbohidratlar, aminoasitler, yağ asitleri, sitokromlar, klorofiller gibi bütün bitkilerde bulunan ve bu bitkilerde aynı metabolik işlevlere sahip olan metabolik ara ürünlerine ek olarak, primer metabolizmada belirgin bir işlevi olmayan ve bu nedenle sekonder metabolitler olarak adlandırılan çok sayıda bileşiği de üretirler. Sekonder metabolitler, bitkiler aleminde daha sınırlı bir dağılım göstermeleri sebebiyle birincil metabolitlerden ayrılmaktadır. Sekonder metabolitler, belirli bitki türlerinden veya taksonomik olarak birbirleri ile ilişkili türlerde bulunurken, primer metabolitler bitkiler aleminin tümünde bulunmaktadır (Kadıoğlu, 2016). Zaman içerisinde özellikle 1960'lı yılların başlarında sekonder metabolitlerin bitkilerde bir takım ekolojik fonksiyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. Sekonder ürünlerin polen taşımak veya tohumları yaymak üzere hayvanları kendine çekme, herbivorlar ve patojenlerle mücadelede savunma bileşikleri oluşturma, aynı ortamda yaşayan bitkilerin ilişkilerinde (allelopati) etkileri gibi bitkide çeşitli işlevleri bulunmaktadır (Piechulla ve Heldt, 2023).

2. SEKONDER METABOLİTLERİN SINIFLANDIRILMASI

Bitkisel sekonder ürünler biyosentez şekline göre terpenler, fenolikler ve azot ihtiva eden bileşikler olmak üzere 3 gruba ayrılabilir. Terpenler mevalonik asit yoluyla asetil CoA' dan sentezlenen lipitlerdir. Fenolik bileşikler çeşitli yollarla şikimik asit yolu veya malonik asit yoluyla meydana gelen aromatik maddelerdir. Azot ihtiva eden alkaloidler ise primer olarak aminoasitlerden sentezlenir (Özay ve Pehlivan, 2024).

2.1. TERPENLER

Terpenler veya terpenoidler sekonder bitki ürünlerinin en büyük sınıfıdır. Bu sınıfta bulunan farklı maddeler genellikle suda çözünmezler. Biyosentetik orijinleri aynı olup, bütün terpenler izopren olarak adlandırılan 5 karbonlu bileşiklerden türevlenirler. Böylece bütün terpenler izoprenoidler olarak da bilinirler.

Terpenler içerdikleri 5 C birimlerin sayısına göre sınıflandırılır. 10 C olanlar ($2 \times 5C$) monoterpen, 15 C olanlar ($3 \times 5C$) sesquiterpen, 20 C olanlar ($4 \times 5C$) diterpen, 30 C olanlar triterpen, 40 C olanlar tetraterpen ve daha fazla C ihtiva edenler politerpen olarak adlandırılır (Ludwiczuk vd., 2017).

2.1.1. Terpenlerin Sınıflandırılması

Monoterpenler

Monoterpenler bitkilerin, böceklerin ve mantarların yağ bezleri veya reçine kanalları gibi salgı dokularında yaygın olarak dağılmıştır. Özellikle yüksek bitkilerde geniş bir yayılışa sahip olup güçlü kokularından dolayı parfümeri endüstrisinde kullanılırlar. Monoterpenler daha çok aromatik bitkiler tarafından üretilir ve uçucu yağların (örneğin nane) en önemli kısmını oluştururlar. Genel olarak bu tip uçucu yağlar, Labiatae familyasında bulunurlar.

Seskuiterpenler

Terpenlerin en geniş grubudur. Bunlar genel olarak uçucu yağlarda monoterpenlerle birlikte bulunurlar. Asterales, Cornales, Rurales, Magnoliales takımları üretilen seskuiterpenlerin tipi ve sayısı bakımından en zengin bitki gruplarıdır.

Diterpenler

Diterpenlerin en önemlisi steviol ve giberellindir.

Triterpenler

Triterpenler ve onların türevleri (steroller) isoprenoid birleşiklerin en geniş gruplarından birisidir. Triterpenler steroidler başlığı altında şu gruplardan oluşurlar; Steroller, Sapogeninler, Kardiak glikozidler, Steroid hormonlar, Fitoektisteroidler.

Tetraterpenler (Karotenoidler)

Tetraterpenler karotenoid pigmentlerini ihtiva eden tek gruptur. Tetraterpen olan karotenoidler kloroplastlarda bulunur. Aerobik ve ışık altındaki kloroplastların fizyolojik olarak devamlılığı için koruma görevi (oksijenin zararlı etkilerinden) yaparlar. Aynı zamanda fotosentez esnasında ışığın yakalanmasına da katkıda bulunurlar.

Politerpenler

Politerpenler bitkilerde meydana gelen yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Bunun en iyi bilinen çeşidi kauçuk olup, 1500 ile 15000 izopentil birimi ihtiva eden bir polimerdir. Kauçuk birçok bitkide bulunur, fakat ticari olarak en önemlisi *Hevea brasiliensis* (kauçuk ağacı) dir. Kauçuk ağaçlarında kauçuk lateks olarak adlandırılan sütsü sıvı içerisinde süspanse olmuş küçük partiküller olarak bulunur. Aynı zamanda, laktiferler olarak adlandırılan uzun süt boruları içerisinde muhafaza edilirler.

Zamk, kauçuktan daha düşük molekül ağırlığına sahip bir *trans* -1,4-poliizoprendir. Malezya'daki *Palaquium* ağaçlarının çeşitli türleri tarafından üretilir. Zamk lateksi kauçuk latesinden farklı olup ağaçların hasar görmesiyle oluşur. Zamk termoplastik bir bileşiktir. 65 °C'den aşağıdaki sıcaklıklarda sert, elastik olmayan fakat 65 °C 'den yukarı sıcaklıklarda yumuşak ve elastik yapıdadır.

Sakız, çiğnenen sakızların esas *Achras sapota* bitkisinden kaynaklanır. Reçinelerle birlikte nispeten düşük molekül ağırlıklı *cis* ve *trans* -1,4-poliizoprenoidlerin karışımından oluşur.

2.1.2. Terpenlerin Fizyolojik Etkileri

Terpenlerin büyük bir çoğunluğu büyüme ve gelişmede önemli fonksiyonlara sahiptir. Bundan dolayı terpenler, primer metabolit olarak düşünülür. Terpenlerin bitkilerdeki bir takım fizyolojik etkileri (Taiz ve Zeiger, 2008);

- Sesquiterpen grubuna ait bazı maddeler absisik asidin öncül maddeleridir.
- Diterpen grubuna ait bazı maddeler, giberellik asidin sentezinde bir ara bileşiktir.
- Steroidler triterpen türevi olup, fosfolipidlerle ilişki kurarak hücre membranında kararlı bir yapı oluştururlar.
- Tetraterpenler, kırmızı, sarı, turuncu renkli karotenoidler fotooksidasyon olayı sırasında fotosentetik dokuları korur ve fotosentezde yardımcı pigment olarak görev yaparlar.
- Politerpen alkoller glikoprotein sentezi ve hücre çeperinde şekerlerin taşıyıcısı olarak görev yaparlar.
- Mono ve sesquiterpenler allelopatik rollere (allelopati, bir bitkinin diğer bir bitkinin gelişimini etkilemesi) sahiptirler.

2.2. ALKOLOİDLER

Alkaloidler ilaç, zehir ve bitki özleri olarak kullanılmıştır. *Pa-paver somniferum* olarak da bilinen afyon çiçeği lateksi, Doğu Akdeniz'de en az M.Ö. 1400 ile 1200 yılları arasında kullanılmıştır. Eski insanlar, yılan ısırığı, ateş ve cinnet gibi birçok hastalığı tedavi etmek için şifalı bitkileri kullanırdı. Tarihte bunun harika örnekleri vardır. Ünlü filozof Socrates,coniine içeren baldıran *Conium maculatum* ekstraktını infazı sırasında içti. Kraliçe Kleopatra, atropin içeren *Hyoscyamus* ekstraktını kullanarak göz bebeklerini büyüttüştür (Tiring vd., 2021). Alkaloid kelimesi 1819 yılında Almanya'nın Halle kentinde bir farmakolog olan

Carl Meissner tarafından ilk kez kullanıldı (Croteau vd., 2000). Aktif, azot içeren bazik bileşikler alkaloitler olarak bilinir.

2.2.1. Alkaloidlerin Sınıflandırılması

Gerçek alkaloitler

Amino asitlerden oluşan heterosiklik azot içerir (Plemenkov, 2001). Atropin, nikotin ve morfin bu grubun en yaygın örnekleridir. Heterosiklik azotun yanı sıra bu alkaloit grubu bazen terpen veya peptit fragmanları da içerebilir (Tiring vd., 2021). Coniine ve coniceine, amino asitlerden oluşmadıkları için piperidin alkaloitleri olarak kabul edilebilir (Dewick, 2002).

Protoalkaloitler

Bu grup heterosiklik azot içermez ancak azot ve amino asitlerden meydana gelir. Örnek olarak meskalin, adrenalin ve efedrin verilebilmektedir (Khalil, 2017).

Poliamin alkaloitler

Putresin, spermidin ve spermin türevleridir. Meyve eti sertliği, ağırlık kaybı, etilen salgı miktarı, suda çözünebilir kuru madde miktarı, titre edilebilir asit miktarı ve diğer kalite özellikleri, bu gruba giren bileşenlerin uygulanmasıyla etkilendirilmiştir (Liu vd., 2006). Meyve kabuğundan su çıkışında çok önemli bir rol oynayan epikütikular mumların uzaklaşmasını engellemek ve membranın bütünlüğünü korumak için poliamin kullanılabilir (Khosroshahi vd., 2007). Hasat sonrası uygulamalarda putre, meyvelerin pazarlanabilirliğini korur (Bal, 2012; Khosroshahi ve diğerleri, 2007; Zheng ve Zhang, 2004). Bu bileşiklerin ayrıca bitkilerin çeşitli çevresel streslere karşı savunma tepkilerini de değiştirdikleri bilinmektedir (Gill ve Tuteja, 2010).

Peptit ve siklopeptit alkaloitler

Bu gruba giren alkaloitler Rhamnaceae familyasının bitkileri arasında yaygın olarak bulunmakla beraber Asteraceae, Euphorbiaceae, Menispermaceae, Celastraceae, Rubiaceae, Sterculiaceae, Pandaceae, ve Urticaceae familyalarında da bulunmaktadır (Gournelis vd, 1997).

Psödoalkaloitler

Sadece alkaloit benzeri bileşikler amino asitlerden oluşur (Aniszewski, 2007). Bu grup, kafein, teobromin, theacrine, teofilin ve terpen benzeri alkaloitleri ve steroid benzeri alkaloitleri içermektedir (Plemenkov, 2001).

2.2.2. Alkaloidlerin Bitkilerdeki Yerleşimi ve Dağılımı

Günümüze kadar bitki türlerinin yaklaşık %95'i alkaloidler açısından incelenmiştir. Alkaloidlerin biriktiği bitkisel dokuların başlıcaları: Aktif olarak büyüyen dokular, epidermal ve hipodermal hücreler, vasküler kınlar ve lateks (süt) kanallarıdır.

Alkaloidler, hücre içerisinde vakuollerde bulunurlar. Nitekim genç hücrelerde vakuoller henüz oluşmadığından bu tip hücrelerde alkaloidlere rastlanmaz. Bunlar ölü dokularda ise nadir olarak meydana gelirler. Hatta alkaloidlerin %12' sini ihtiva eden *Cinchona* kabuklarında alkaloidler parankima dokusunda bulunmuştur. Alkaloidler sentez yerlerinden ziyade diğer dokularda depolanırlar. Bunun bilinen en önemli örneği nikotinin tütün bitkilerinin köklerinde sentezlenip yapraklarına taşınıp orada depolanmasıdır. Bazı alkaloidler de taşındıkları yerlerde bazı modifikasyonlara maruz kalabilirler.

2.2.3. Alkaloidlerin Bitkilerdeki Fonksiyonu

Alkaloidlerin bitkilerdeki bir takım fizyolojik etkileri (Kadioğlu, 2016);

- Alkaloidlerin çoğunluğu herbivorlar için toksiktir. Dolayısıyla bitkiler için en önemli görevlerinden biri savunmadır. Ruminant hayvanların büyük kısmı *Delphinium*, *Lupinus*, *Serecio* gibi alkaloid içeren bitkilerle beslendiklerinde zehirlendikleri belirlenmiştir.
- Düşük dozlarda farmakolojik olarak kullanılırlar. Morfin, kodein, atropin ve efedrin tıpta kullanılan bitkisel alkaloidlerdir.
- Kokain, nikotin, ve kafein gibi keyf verici maddeler olarak kullanılırlar.
- Bitkilerin güzel renklere sahip olmasını sağlarlar. Örneğin kırmızı ve sarı renkli alkaloidlerin bir grubu çiçek ve meyve pigmenti olarak görev yapmaktadır.

2.3. FENOLİK BİLEŞİKLER

Bitkiler, fenol grubu kimyasal olarak heterojen bir grup olan Fenol adı verilen ve aromatik halka üzerinde bir hidroksil fonksiyonel grup içeren çok çeşitli sekonder ürünler üretmektedirler. Kök parazitik nematodlar da dahil olmak üzere zararlılara ve hastalıklara karşı bitki savunma sisteminin önemli bir parçası olabilmektedirler (Wuyts vd., 2006)

Bitki fenolik bileşikleri şikimik asit ve malonik asit olmak üzere iki temel yolla sentezlenmektedir. Şikimik asit daha çok bitki fenoliklerinin biyosentezi

için önemliyken, malonik asit mantarların ve bakterilerin fenoliklerinin biyosentezi için önemlidir. Bu sentezdeki kilit adım, bir amonyak molekülünün giderilmesiyle fenilalaninin sinnamik aside dönüştürülmesidir (Özeker, 1999).

2.3.1. Fenolik Bileşiklerin Sınıflandırılması

Fenolik maddeler çok çeşitli kimyasal bileşikler grubudur. Bu bileşikler çeşitli şekillerde kategorize edilebilir. Harborne ve Simmonds (1964) fenolik bileşikleri içerdikleri karbon sayılarına göre sınıflandırmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması (Tiring vd., 2021)

Yapı	Sınıf
C ₆	Basit fenolikler
C ₆ - C ₁	Fenolik asitler
C ₆ -C ₂	Asetofenonlar ve fenilasetik asit
C ₆ -C ₃	Kumarinler, izokumarinler
C ₆ -C ₃	Sinamik asitler, sinamil aldehydler, sinnamil alkoller
C ₁₅	Kalkonlar, auronlar, dihidrokolonlar
C ₁₅	Flavonlar
C ₁₅	Flavanlar
C ₁₅	Flavanonlar
C ₁₅	Antosiyanin
C ₁₅	Antosiyanidin
C ₃₀	Biflavonil
C ₆ -C ₁ -C ₆ , C ₆ -C ₁ -C ₆	Benzofenonlar, ksanton, stilbenler
C ₆ , C ₁₀ , C ₁₄	Kinon
C ₁₈	Betasiyanin
Lignanlar ve neolignanlar	Dimer veya oligomerler
Lignin	Polimerler
Tanenler	Oligomer veya polimerler
Filobafenler	Polimerler

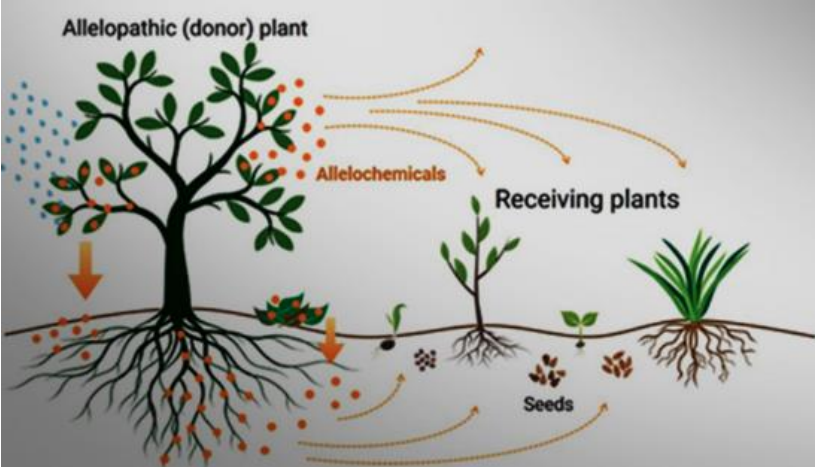
2.3.2. Fenoliklerin Bitki Savunmasındaki Rolü

Birçok basit fenolik bileşik, bitkilerle beslenen herbivor böceklerle ve funguslara karşı korunmada önemli rol oynar. Furanokumarinler olarak adlandırılan belirli kumarinlerin fototoksitesitesi oldukça ilginçtir. Bu bileşikler ekstra bir furan halkasına sahiptir. Furanokumarinler ışııkla aktivite edilmedikleri zaman toksik değildirler. Güneş ışığındaki ultraviyole ışınları (320-400 nm), bazı furanokumarinlerin yüksek enerjili durumuna geçmesini sağlayarak, onları aktif hale getirir. Aktif furanokumarinler DNA çift heliksine kendilerini sokarak, sitozin ve timin gibi pirimidin bazlarına bağlanabilirler. Böylece transkripsiyon ve onarım mekanizmasını engelleyerek hücre ölümüne yol açarlar. Fototoksik kumarinler

sap kerevizi, yaban havucu, maydanozu ihtiva eden umbelliferae familyası üyelerinde özellikle bol bulunurlar. Sap kerevizinde bu bileşiklerin seviyesi, eğer bitki stres altında ve hastalıklı ise 100 kat artar. Kereviz toplayıcıları ve satıcıları hastalıklı ve stresli kerevizlerin elle temasından sonra deride kızarıklar meydana getirdiğini bilirler. Bazı böcekler, furanokumarinleri aktive eden ışıklardan korunmak için kıvrılmış yapraklarda yaşarlar. Böylece bu böcekler, fototoksik kumarinleri ihtiva eden bitkiler üzerinde canlı kalırlar (Kadıoğlu, 2016).

2.3.3. Basit Fenoliklerin Allelopatik Etkileri

Bitkilerin çürüyen kısımlarından, köklerinden ve yapraklarından birçok primer ve sekonder metabolit serbest kalarak çevreye geçebilir (Pagare vd., 2015). Bitkilerden orijinlenen bu bileşiklerin ortamdaki diğer bitkilere, mikroorganizmalara ve diğer canlılara etkilerinin araştırılması allelopatinin konusudur (Cipolini vd., 2012). Eğer, bir bitki çevresine serbest bıraktığı kimyasallarla yakınında bulunan bitkilerin büyümesini engelliyorsa bu durum o bitkinin ışığa, suya ve besin maddelerine daha yüksek oranda sahip olmalarını sağlar ve böylece daha geniş bir alana dağılma başarılarını arttırır (Şekil 1). Genellikle allelopati terimi bitkilerin komşuları üzerindeki olumsuz etkileri için kullanılmakla birlikte, bu etkiler bazen yararlı da olabilir. Fenolik bileşikler önemli allelopatik etkilere sahiptirler (John ve Sarada, 2012). Örneğin kafeik asit ve ferulik asit gibi bileşiklerin önemli miktarlarda toprakta bulunduğu ve bu bileşiklerin birçok bitkinin çimlenmesini ve büyümesini inhibe ettiği belirtilmiştir (Gelsomino vd., 2015). Bütün bu sonuçlara rağmen doğal ekosistemlerde allelopatinin önemi hala tartışmalıdır. Tarlalarda önceki ürünlerden kalan artıklar ya da yabancı otlar tarafından neden olunan ürün verimindeki azalmalar bazı durumlarda allelopatinin bir sonucu olabilir. Gelecekte ilginç konulardan bir tanesi yabancı otlara karşı allelopatik etkiye sahip genetik olarak zirai bitkilerin geliştirilmesi olacaktır (Kadıoğlu, 2016). Bu gerçekleşirse doğada uzun süre kalan ve parçalanmaları zor olan pestisit kullanımını azalacaktır.



Şekil 1. Bitkiler arasında allelopatik etkiler

2.3.4. Antosiyaninlerin Çiçek ve Meyvelerdeki Renk Rolü

Bitki ve hayvanlar arasındaki ilişkiler antagonistik ilişkilerle sınırlı değildir. Bunun yanında mutualistik ilişkiler de vardır. Örneğin bitkiler polen ve tohumlarını taşıyan hayvanlara nektarlarını sunarlar. Görme ve koklama organlarına sahip hayvanların, çiçek ve meyvelere yönelmesinde sekonder ürünler önemli rol oynarlar.

Bitkilerin renkli pigmentleri karotenoidler ve flavonoidler olmak üzere iki tip-tir. Karotenoidler genelde sarı, portakal, kırmızı renkli ve terpenoid yapıdadırlar (Riaz vd., 2021). Flavonoidler, renkli maddelerin geniş bir çeşidini ihtiva eden fenolik bileşiklerdir. Pigment yapısındaki flavonoidlerin en geniş grubu antosiyaninlerdir. Bunlar çeşitli bitki sınıflarında kırmızı, pembe, mor ve mavi renklerin çoğunun oluşumundan sorumludur. Çiçek ve meyvelerin renklenmesi sonucunda tozlaşma ve tohumları yaymak için hayvanları kendilerine çekmede önemli rol oynarlar.

Antosiyanin rengi birçok faktörden etkilenir;

- antosiyanidin halkasındaki hidroksil ve metoksil gruplarının sayısı
- demir ve alüminyum gibi şelating metallerinin mevcudiyeti
- flavon ve flavonol pigmentlerinin mevcudiyeti
- bu bileşiklerin depolandığı hücre vakuollerinin pH'sı

2.3.5. Flavonoidlerin Ultraviyole Işıklarını Absorbe Etmedeki Rolü

Çiçeklerde bulunan flavonoidlerin diğer iki büyük grubu; flavon ve flavonollerdir. Bu flavonoidler genellikle antosiyaninlerden çok daha kısa dalga boylu ışınları absorbe ederler. (Zoratti vd., 2014) Öyle ki bu ışınlar insan gözüyle görülmeyen özelliktedir. Arı gibi böcekler bu spektrumdaki ultraviyole ışınlarını görebilirler. Böylece flavonlar ve flavonoller bulunduran çiçekleri arayıp bulurlar.

Flavonlar ve flavonoller sadece çiçeklerde değil, yeşil bitkilerin yapraklarında da bulunurlar. Flavonoidlerin bu iki grubunun aşırı UV radyasyonundan hücreleri koruduğu ileri sürülmüştür. Çünkü yukarıda belirtildiği gibi bunlar UV bölümünde ışığı kuvvetli derecede absorbe ederler. Görünür bölgedeki ışınları (fotosentetik olarak aktif) ise geçirirler. Bitkilerin artan ultraviyole ışığına maruz bırakılması sonucu flavonların ve flavonollerin sentezinin arttığı gösterilmiştir (Ferreira vd., 2021). Flavonoidlerin diğer fonksiyonları da belirlenmiştir. Örneğin baklagil bitkilerinin kökleri tarafından toprağa salınan flavonlar ve flavonoller nodül oluşturan, azot fikse eden bakterilerdeki gen ifadesini düzenlerler. Bu sonuçlar sekonder bileşiklerin ekolojik rolleri yanında, önemli fizyolojik rollerinin de olduğunu gösterir.

2.3.6. İzoflavonoidlerin Antifungal ve Antibakteriyel Özellikleri

İzoflavonoidler bir flavonoid grubu olup, bir aromatik halkanın pozisyonunun değişmesi ile oluşurlar. İzoflavonoidler farklı fonksiyonlara sahiptirler. Bazıları (karotenoidler gibi) kuvvetli insektisidal aktiviteye sahip olmakla birlikte, bazıları memelilerde kısırlığa (infertilite) neden olan antiöstrojenik etkilere sahiptirler. İzoflavonoidlerin en iyi bilinen rollerinin bakteri ve fungal enfeksiyon sonrası yüksek konsantrasyonlarda biriken ve patojen girişini engelleyen antimikrobiyal bileşik özelliğinde olmalarıdır. Bu maddeler fitoaleksin olarak adlandırılırlar (Kadioğlu, 2016).

2.3.7. Fitoaleksinlerin Stres Faktörleri Üzerine Etkileri

Fitoaleksinler bakteriyel ya da fungal enfeksiyon bölgelerinde birikir ve bu etmenlerin büyümesini engellerler. Dolayısıyla mantar ve bakterilerin neden olduğu hastalıklara karşı olası bitki savunma bileşikleri olarak düşünülmektedir (Mert Türk, 2002). Ancak fitoaleksinlerin farklı faktörleri de vardır. Yüksek UV ışığı, yaralanma, donma veya ağır metallerin neden olduğu stresler sonucunda bitkide birimi artar ve stres anında genel bir savunucu görevi alır.

2.3.8. Taninlerin Fizyolojik Etkileri

Taninler birçok bitkinin yapraklarında, kabuklarında, meyvelerinde ve tohumlarında bulunur. Bu bileşiklerin temel işlevi mikrobiyal patojenlere, zararlı böceklerle ve diğer otçullara karşı koruma sağlamaktır (Furlan vd., 2011). Diğer taraftan ruminantlarla yapılan çalışmalar, taninlerin denatüre edici özelliklerinin ince bağırsağa protein tedarikini iyileştirmek için kullanılabileceğini göstermiştir. Yüksek tanin konsantrasyonları ise, ruminantlarda ve monogastrielerde hayvan performanslarının düşmesine ve sağlık bozukluklarına neden olduğu tespit edilmiştir (Westendarp, 2006).

Kaynaklar

- Aniszewski, T. (2007). Alkaloids-secrets of life alkaloid chemistry, biological significance, applications and ecological role. Elsevier, Amsterdam, pp 1–316.
- Bal, E. (2012). Hasat sonrası putresin ve salisilik asit uygulamalarının kirazın soğukta muhafazası üzerine etkisi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 23-31.
- Cipollini, D., Rigsby, C.M., Barto, E.K. (2012). Microbes as targets and mediators of allelopathy in plants. *Journal of Chemical Ecology*, 38, 714-727.
- Croteau, R., Kutchan, T.M., Lewis, N.G. (2000). Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry And Molecular Biology of Plants*, 24, 1250-1319.
- Dewick, P.M. (2002). Medicinal natural products: A biosynthetic approach, 2nd edn., Wiley, New York.
- Ferreira, M.L.F., Serra, P., Casati, P. (2021). Recent advances on the roles of flavonoids as plant protective molecules after UV and high light exposure. *Physiologia Plantarum*, 173(3), 736-749.
- Furlan, C.M., Motta, L.B., Santos, D.Y.A C., Petridis, G. (2011). Tannins: What do they represent in plant life. Tannins: types, *Foods Containing, and Nutrition*, 1-13.
- Gelsomino, A., Araniti, F., Lupini, A., Princi, G., Petrovičová, B., Abenavoli, M.R. (2015). Phenolic acids in plant-soil interactions: a microcosm experiment. *JA I*, 1, 25-38.
- Gill, S.S., Tuteja, N. (2010). Polyamines and abiotic stress tolerance in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 5(1), 26-33.
- Gournelis, D.C., Laskaris, G.G., Verpoorte, R. (1997). Cyclopeptide alkaloids. *Natural Product Reports*, 14(1), 75- 82.
- Harborne, J.B. 1986, Recent advances in chemical ecology. *Natural Product Reports*, 3:323-344.
- John, J., Sarada, S. (2012). Role of phenolics in allelopathic interactions. *Allelopathy Journal*, 29(2), 215-230.
- Kadıoğlu, A., (2016). Bitki Fizyolojisi. 6. Baskı, *Gündüz Ofset Matbaacılık ve Yayıncılık*, Trabzon.
- Khalil, A. (2017). Role of Biotechnology in Alkaloids Production. In *Catharanthus roseus*, Springer, Cham.
- Khosroshahi, M.R.Z., Esna-Ashari, M., Ershadi, A. (2007). Effect of Exogenous Putrescine on Postharvest Life of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) Fruit, Cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*, 114:27-32.
- Liu, J., Honda, C and Moriguchi, T. (2006). Involvement of Polyamine in Floral and Fruit Development. *JARQ*, 40(1), 51-58.

- Ludwiczuk, A., Skalicka-Woźniak, K., Georgiev, M.I. (2017). Terpenoids. In Pharmacognosy. Academic Press: Boston, USA.
- Mert-Türk, F. (2002). Phytoalexins: defence or just a response to stress. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 1(1), 1-6.
- Özay, C., Pehlivan, E. (2024). Bitki sekonder metabolitlerinin biyosentezini ve akümü-lasyonunu etkileyen faktörler. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara Uni-versity*, 48(3), 44-44.
- Özeker, E. (1999). Phenolic compounds and their importance. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9(2).
- Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., Bansal, Y. K. (2015). Secondary meta-bolites of plants and their role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3), 293-304.
- Piechulla, B., Heldt, H.W. (2023). Pflanzenbiochemie. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Plemenkov, V.V. (2001). Introduction to Chemistry of Natural Compounds. Kazan, Rus-sia.
- Riaz, M., Zia-Ul-Haq, M., Dou, D. (2021). Chemistry of Carotenoids. In Carotenoids: Structure and Function in the Human Body. Springer: Berlin/Heidelberg, Ger-many.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2008). Plant Physiology. 4th edn., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Tiring, G., Satar, S., Özkaya, O. (2021). Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversi-tesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203-215.
- Westendarp, H. (2006). Effects of tannins in animal nutrition. *DTW. Deutsche tierarzt-liche Wochenschrift*, 113(7), 264-268.
- Wuyts, N., De Waele, D., Swennen, R. (2006). Extraction and partial characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa acuminata Grande naine*) roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(5-6):308-314.
- Zheng, Y., Zhang, Q. (2004). Effects of Polyamines and Salicylic Acid on Postharvest Storage of 'Ponkan' Mandarin. *Acta Horticulturae*, 632,317-320.
- Zoratti, L., Karppinen, K., Luengo Escobar, A., Häggman, H., Jaakola, L. (2014). Light-controlled flavonoid biosynthesis in fruits. *Frontiers in Plant Science*, 5, 534.



BÖLÜM 14

Antimikrobiyal Özellikli Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Gıdalarda Kaplama Maddesi Olarak Kullanımı

Oktay Tomar¹

¹ Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, ORCID: 0000-0001-5761-7157

GİRİŞ

Standartlara uygun kalitede drog veya diğer ürünler elde etmek amacıyla; tabiattan toplanmış yaş ya da kurutularak kullanılan, doğrudan doğruya bitkinin çeşitli kısımlarının veya onlardan elde edilen değişik etkili maddelerinin kullanıldığı bitkilere tıbbi ve aromatik bitki adı verilmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkiler kapsam olarak hem bitkiler hem etken madde yönünden ve hem de tüketim alanları bakımından çok büyük bir alanı kapsamaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler hastalıkların önlenmesi veya olumsuz etkilerinin azaltılması, sağlıklı yaşamın sürdürülmesi ve hastalıkların tedavi edilmesi için direkt ilaç olarak geleneksel ve modern tıpta kullanıldığı gibi; gıda takviyeleri, bitkisel çay, tat, çeşni olarak da beslenmede faydalanılmaktadır. Ayrıca vücut bakım ürünleri olarak parfümeri ve kozmetikte kullanılmasının yanı sıra, parlatici hatta böcek ilaçları olarak bitkisel ürünlerin üretiminde ve sanayinin farklı kollarında geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Dünyada tedavi amaçlı ve baharat olarak kullanılan bitkilerin sayısının 20.000 civarında olduğu Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından rapor edilmiştir. Bunlardan 500 kadarının ticari üretiminin yapıldığı kaydedilmektedir. Türk farmakopisine kayıtlı bitki sayısı ise 140 civarındadır.

Bu bitkilerin pek çoğunun bileşiminde bulunan etken maddelerin antibakteriyel, antifungal, antiviral vb. antimikrobiyal etkilerinin olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Antimikrobiyal aktivite; bitkinin türüne, kompozisyonuna ve konsantrasyonuna, hedef mikroorganizmanın türüne ve yüküne, gıdanın kompozisyonuna, işleme ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Proteinler, lipitler, tuzlar, pH ve sıcaklık fenolik maddelerin antimikrobiyal aktivitelerini etkileyen faktörlerdir. Üretici tıbbi ve aromatik bitkileriden elde edilen doğal katkı maddelerinin kullanımıyla beraber, daha uzun raf ömrüne sahip ürünler üretecek, ürünlerin mikrobiyal ve küflenmeye bağlı raftan geri dönüş oranı ciddi oranda azalacak, buna bağlı olarak ekonomik kayıplar da azalacaktır. Tüketici için ise, üretimde doğal katkı maddeleri kullanıldığından sağlık ile ilgili endişeler ortadan kalkacak ve ürüne olan güven artacaktır.

ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLİ TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN GIDALARDA KAPLAMA MADDESİ OLARAK KULLANIMI

Sağlıklı ve raf ömrü uzun gıda üretiminde; mikrobiyal gelişimi azaltmak için koruyucu madde kullanımı yerine, bozulmanın engellenmesi ve gıda güvenliğinin sağlanması için farklı muhafaza ve ambalajlama teknikleri kullanılmaktadır (Küçüköner ve ark., 2003). Geçmişten günümüze kadar olan süreçte; tıbbi ve aromatik bitkiler insan sağlığı için önemli olan bileşikleri yapısında içerdiği belirlenmiştir. Özellikle son yıllarda yiyecek ve içecek sektöründe sıkça kullanılan

sentetik katkı maddeleri ve materyaller tedavisi güç bir hastalık olan kanser ve ölümcül birçok hastalığa neden olmaktadır. Bundan dolayı organik ve doğal gıdalara olan talep gün geçtikçe artmaktadır (Çimen, 2009; Akbulut ve Bayramoğlu, 2014). Gıda endüstrisi, gıdalarda mikrobiyal çoğalmayı engellemek, raf ömrünü uzatmak ve güvenilir üretim yapmak amacıyla yeni yöntemler bulmak üzere önemli yatırımlar yapmaktadır. Bu amaçla antibakteriyel ve antioksidan etkileri olan doğal ürünlerin kullanılması hem üretici hem tüketici yönünden oldukça iyi karşılanmaktadır. Antimikrobiyal etkileri nedeniyle en çok araştırılan doğal bileşikler nisin, natamisin, pediosin, lizozim enzimi, laktoferrin, bir polisakkarit olan kitosan, uçucu yağlar, polifenollerce zengin bitkiler ve bunlarda bulunan bileşenler fenoller (eugenol, karvakrol, timol), terpenler (karvon, kamphor, pinen) ve asitler (sinamik, rosmarinik, karnosik)'dir (Chi, 2004). Günümüzde, katkı maddeleri kullanılarak üretilen gıdalar tüketiciler tarafından ve güvensiz olarak tanımlanmakta ve daha az tercih edilmektedir. Bu amaçla gıda üreticileri doğal maddeler kullanılarak üretilmiş gıdanın organoleptik özelliklerini etkilemeyen alternatifler arayışındadırlar. Bu amaçla mevcut katkı maddelerinin hiç kullanılmaması veya minimal kullanımı sağlayabilmek için bitkisel kaynaklı (tıbbi ve aromatik özellik gösteren) koruyuculara yönelim artmaktadır (Kılıç ve ark., 2000; Ruas-Madiedo ve ark., 2002; Leroy ve De Vuyst, 2004; Šipailienė ve ark., 2006; Yahyazadeh ve ark., 2008).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin; kök, yumru, dal, yaprak, meyve ve tohum gibi kısımlarından oluşan özellikle ilaç sanayisinde kullanılmak üzere doğadan ya da üretimi yapılarak yetiştirilen bitkilere tıbbi bitkiler, uçucu yağları alınarak koku gibi özelliklerinden yararlanılan bitkilere ise aromatik bitkiler olarak tanımlanmaktadır. Dünya üzerinde yaklaşık olarak 300.000 tohumlu ya da çiçekli bitki türlerinin kayıt altına alındığı bilinmektedir. Ayrıca bu bitki türlerinin 20.000 civarı ise tedavi amaçlı faydalanılmakta olup, 4.000 civarı da bitkisel drog olarak kullanılmaktadır (Baydar, 2007; Tekin, 2019).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin; antimikrobiyal, antioksidan, koruyucu, renklendirici ve tatlandırıcı özelliklerinden dolayı gıda sanayisinden katkı maddesi olarak da tercih edilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda bitkilerden elde edilen esansiyel (uçucu) yağların etken maddelerinin antioksidan, antibakteriyel ve antifungal gibi çeşitli özelliklerinin olduğu belirlenmiştir (Toker ve ark., 2015). Esansiyel yağlar; tıbbi ve aromatik özellik gösteren bitkilerin çeşitli bölümlerinde farklı oranlarda içermektedir. Uçucu bir özelliği olan esansiyel yağlar, renksiz veya açık sarı renkte, kristalize olabilen, keskin bir kokuya ve acı bir tada sahiptir. Temel bileşiminde terpenler grubundan oluşan yağların, yanı sıra yapılarında ester, aldehit, alkol, fenol, azot ve kükürt bileşenlerini de içermektedir (Kılıç, 2008;

Uçar ve ark., 2015). Bitkilerin sahip olduğu esansiyel yağlar genellikle su buharı distilasyon metodu ile elde edilmektedir. Bu amaçla farklı metotlar geliştirilmiştir. Esansiyel yağların sahip olduğu antimikrobiyal etkinin çeşitli faktörlere (gıdanın kompozisyonu, işlem ve depolama koşulları, hedef mikroorganizmanın türü ve yükü, bitkinin türü, kompozisyonu ve konsantrasyonu) bağlı olduğu bilinmektedir. Ayrıca fenolik maddelerin antimikrobiyal etkisi ise; sıcaklık, pH, tuz, lipid ve protein gibi faktörlerden etkilenmektedir (Sağdıç, 2003; Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2013).

Ülkelerin bitki örtülerinin zenginliği, o ülkede yetişen bitki türlerinin sayısı, tanınmışlığı ve çeşitli yetiştirme şekillerine sahip olmasıyla belirlenebilmektedir. Ülkemizdeki bitki popülasyonu diğer ülkelere kıyasla oldukça zengin olup, ilk sıralarda gelmektedir. Bu zenginliğe etki eden faktörler ise, Akdeniz, İran-Turan ve Avrupa Sibiryası olmak üzere üç farklı bölgenin kesişim noktasında bulunması, farklı iklim tiplerinin etkisi, coğrafi konumu, jeolojik yapısı ve farklı toprak türlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Tan, 2010; Şahin, 2013; Tekin, 2019). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre yaklaşık 20.000 bitki tıbbi amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Dünya’da Çin, ABD, İngiltere, Japonya, Fransa, İtalya ve İspanya bitkisel drogların başlıca ticaret merkezi olarak bilinmektedir. Dünyada toplam 422.000 bitki tür sayısı bulunurken, bu sayının 52.885’i tıbbi ve aromatik bitkiler oluşturmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler en fazla bulunduğu ülkeler sırasıyla Çin (4.941), Hindistan (3.000), ABD (2.564), Vietnam (1.800), Malezya (1.200) ve Endonezya (1.000) takip etmektedir (FAO, 2015).

Ülkemizin bitki florasının üçte birini aromatik bitkiler oluşturmakta olup, 3.000 kadar da endemik bitki türü bulunmaktadır. Bitki türü ve çeşitliliğinden dolayı doğadan toplanan ve kültürü yapılan tıbbi ve aromatik bitkiler açısından ülkemiz, büyük bir ekonomik potansiyele sahiptir. Piyasadaki aktarlarda satılan bitki sayısı 300 civarında olup, 70-100 arası bitkinde ihracatı yapılmaktadır. Ülkemiz iklim ve bitki çeşitliliği, coğrafi konumu, tarımsal potansiyeli ve geniş yüzölçümünden dolayı tıbbi ve aromatik bitkilerini üretilmesi ve ticaretinin yapılması açısından önde gelen ülkeler arasına girmektedir. Özellikle 1990’lı yıllardan sonra tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanlarının genişlemesi ve doğal ürünlere olan taleplerin artmasıyla bitkilerin kullanım hacmi her geçen gün artış göstermektedir (Aslan, 2014; Temel ve ark., 2018).

Genellikle tıbbi ve aromatik bitkiler doğadan toplama yoluyla elde edilmektedir. Günümüzde tıbbi ve aromatik bitkilerin en yaygın olarak kullanım şekillerinden birisi de baharatlardır. İnsanlar uzun yıllar bu bitkilerin çeşitli özelliklerinden faydalanmak için baharatları kullanmışlardır. Baharatların koku, lezzet ve

aromanın yanı sıra koruyucu olarak da bir etkisi bulunmaktadır. Bazı gıdalarda(sucuk, pastırma vb.) katkı maddesi olarak kullanılan baharatlar hem koruyucu hem de lezzet verici özellik göstermektedir. Ayrıca sindirimi kolaylaştırıcı ve iştah açıcı etki gösteren baharatlarda bulunmaktadır (Toker ve ark., 2015; Aytaç ve Yiğen, 2016).

Dünya genelinde tıbbi ve aromatik olarak önemli olan bitkilerin pek çoğunun antimikrobiyal etkilerinin olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Bitkilerin antimikrobiyal etkilerinin içermiş oldukları etken maddeler sayesinde olduğu saptanmıştır (Şahin, 2013). Yapılan araştırmalar sonucunda, tıbbi ve aromatik bitkilerin çiçek, yaprak, sap vb. kısımlarında bulunan fitokimyasal bileşiklerin güçlü antimikrobiyal ve antioksidan etkiye sahip oldukları tespit edilmiştir. Antimikrobiyal etki, bitkinin sahip olduğu etken maddeye, yetiştirme koşullarına, elde ediliş şekline ve mikroorganizma özelliklerine göre değişiklik göstermektedir (Ünlü, 2016). Günümüzde özellikle yapay olarak üretilen antioksidan ve koruyucuların yerine alternatiflerinin aranmasına bağlı olarak bitkisel kaynaklardan elde edilen doğal antimikrobiyal ve antioksidanlara karşı yoğun bir ilgi giderek artış göstermektedir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2013).

Esansiyel yağlar, bitkiler tarafından metabolize edilen aktif bileşiklerden oluşan ikincil metabolitler olup, bitkilerin karakteristik olan tat ve aroma özelliklerini taşırlar (Nakatsu ve ark., 2000). Esansiyel Yağlar Hidrokarbonlar (terpenler), oksijen (alkoller, aldehytler, ketonlar, karboksilikasitler, eserler, laktonlar) ve kükürt içeren (sülfidler, disülfidler, trisülfidler) bitkisel kökenli organik maddelerin doğal karışımlarıdır (Voda ve ark., 2003). Uçucu yağlarda bulunan fenolikler ve terpenoidler antimikrobiyal etki gösteren başlıca bileşiklerdir. Yine uçucu yağlarda önemli düzeylerde bulunan monoterpenlerin, öjenolün, sinnamealdehitin, timolün ve karvakrolün güçlü antimikrobiyal etkileri olduğu bildirilmiştir (Lis-Balchin ve Deans, 1997).

Uçucu yağların antimikrobiyal aktivitesi için birden fazla mekanizma önerilmektedir:

(1) uçucu yağlarda bulunan bileşikler hücre membranındaki fosfolipit tabakası ile etkileşmekte ve bu şekilde hücre geçirgenliği artarak hücresel içerikte kayıplar olmaktadır (Lambert ve ark., 2001), (2) bu bileşikler, hücrede enerji üretiminde ve yapısal bileşiklerin sentezinde yer alan enzimlerle etkileşerek enzimlerin aktivitelerini bozmaktadırlar ve (3) bu bileşikler genetik yapıya zarar vermektedirler (Kim ve ark.,1995).

Uçucu yağlar ve bileşenlerinin antimikrobiyal maddeler olarak kullanımı uzun bir uygulama geçmişine sahiptir. Gıdaların korunması ve tıbbi antimikrobiyal

ajanların ve dezenfektanların üretiminde yeni uygulamalar bulunmaktadır. Örneğin, Eugenol, timol ve karvakrol, karanfil, kekik ve kekik uçucu yağında bulunan fenolik bileşenlerdir ve pek çok mikroorganizma üzerinde inhibe edici bir aktiviteye sahip oldukları yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur (Boonchird ve Flegel, 1982; Didry ve ark., 1994; Mahmoud, 1994; Hao ve ark., 1998; Scora ve Scora, 1998; Ultee ve ark., 1998; Tornuk ve ark., 2011).

Ancak bu maddeler tek başlarına kullanılması durumunda, uçucu yağlar (binden fazla bileşik bulunan) kadar etkili olmadıkları saptanmıştır. Uçucu yağların antimikrobiyal etkileri; mikroorganizmaların enzimlerinin bloke edilmesi, hücre duvarının yapısının bozulması, DNA ve RNA sentezlerinin inhibisyonu ve hücre solunum mekanizmasının bozulması şekilde belirtilmektedir. 19. yüzyıldan günümüze kadar bu konuyla alakalı birçok araştırmalar yapılmıştır. Gıdalar için kimyasal kaynaklı katkı ve koruyucu maddelerin yerine alternatif olarak doğal fitokimyasalların kullanıma olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Cankurt ve Sağdıç, 2019).

Uçucu yağ bileşenleri, hidrofobik veya lipofilik yapılarından dolayı mikroorganizma hücre duvarı içerisine kolaylıkla nüfuz etmekte ve sonuçta hücre duvarı özelliğini kaybetmektedir. Fenolik bileşenler; hücre duvarının yapısında bulunan, hücre içine ve dışına geçişi sağlayan protein moleküllerinin yapılarını bozarak hücre duvarının geçirgenliği değiştirmektedirler (Thormar, 2011; Bayaz, 2014). Ayrıca esansiyel (uçucu) yağların hücre zarına verdikleri zararlardan sonra bünyeye için gerekli olan enzimlerin salgılanması, makro moleküllerin sentezi, besin ve enerji dönüşümü gibi mikroorganizmaların hayati fonksiyonlarının akışı sektöre uğramaktadır. Bunun yanı sıra mikroorganizma hücrelerinin pH değerinin de önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Meydana gelen azalmanın hücreler için çok kritik olan enzimatik faaliyetler, protein sentezi ve transkripsiyonu sınırlandırdığı saptanmıştır (Faleiro, 2011).

Chidi ve ark. (2020) araştırmalarında, çay ağacından (*Melaleuca alternifolia*) elde edilen esansiyel yağın kurutulmuş üzüm (*Vitis vinifera* L.) dan izole edilen *Penicillium* türleri üzerinde antifungal etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sahal ve ark. (2020) limon çimi (*Cymbopogon citratus*) esasnisel yağının *Candida albicans* üzerinde yüksek antifungal potansiyel etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Songsamoe ve ark. (2017) *Michelia alba* esasniyel yağının, kahverengi pirinçten izole edilen *Aspergillus flavus* üzerinde antifungal etki gösterdiğini ifade etmişlerdir. Zabka ve ark. (2009) ise; çalışmalarında *Pimenta dioica* esansiyel yağının tehlikeli ve patojenik küflerden *Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides*, *Penicillium expansum*, *Penicillium brevicompactum*, *Aspergillus*

flavus and *Aspergillus fumigatus* üzerinde yüksek antifungal etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Abou El-Soud ve ark. (2015), Císarová ve ark. (2016) ve Kumar ve ark. (2019) esansiyel yağın *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* gelişimi üzerinde etkili olduğu bildirmişlerdir. Kumar ve ark. (2010), Saharkhiz ve ark. (2014) ve Kaab ve ark. (2019) ise, esansiyel yağın *Fusarium spp.* ve *Aspergillus spp.* gibi pek çok gıda bozulmasından sorumlu küf gelişmesini inhibe ettiğini ifade etmişlerdir.

Bisht ve ark. (2011) *A. calamus*, *O. vulgare* ve *C. Tamala* esansiyel yağlarının *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus niger* üzerindeki antifungal etkisini araştırdıkları çalışmalarında üç esansiyel yağında yüksek antifungal aktiviteye sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada araştırmacılar en yüksek etkiyi *O. vulgare* esansiyel yağının iki küf türü üzerinde de eşit oranda gösterdiğini bildirmişlerdir. Piras ve ark. (2018) *Ocimum basilicum* L. yapraklarının esansiyel yağının MIC değerinin *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus* ve *Aspergillus flavus* üzerinde 1.25 *Candida tropicalis* üzerinde ise 2.5-1.25 µL/mL olduğunu ifade etmişlerdir. 10 farklı *Fusarium* türüne karşı çay ağacı ve biberiye esansiyel yağlarının antifungal etkisini araştırdıkları çalışmalarında Sahab ve ark. (2014), en yüksek antifungal etkiyi *Fusarium semitectum*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* ve *Fusarium graminearum* üzerinde çay ağacı esansiyel yağının gösterdiğini belirtmişlerdir.

Gıda maddelerinin çoğu doğası gereği kolay bozulmaktadır. Gıdaların hazırlama, depolama ve dağıtım aşamalarındaki kontaminasyonlara karşı korunmaları gerekmektedir. Gıda ürünleri üretimin her aşamasında mikroorganizmalarla kontaminasyona maruz kalabilmektedir. Bu mikroorganizmaların çoğu, gıdaların lezzet, renk, koku, duyu ve yapısal özelliklerini bozarak istenmeyen reaksiyonlara neden olmaktadır. Mikrobiyal gelişme gıda sektörü için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bazı mikroorganizmalar potansiyel gıda kaynaklı hastalığa neden olabilir, bazı mikroorganizmalarda gıdaların yüzeyinde gelişerek toksik bileşenler oluşturabilir. Mikrobiyal gelişme pH ve aw, O/R potansiyeli, oksijen varlığı gibi içsel faktörler, ya da sıcaklık, zaman ve bağıl nem de dahil olmak üzere depolama koşulları ile ilişkili dışsal faktörler tarafından etkilenmektedir (Singh ve ark., 2003; Lòpez-Malo ve ark., 2005; Rydlo ve ark., 2006).

Gıdalarda bozulma ve patojen mikroorganizmaların gelişmesini önlemek için gıda endüstrisinde ısıtma işlemi, salamura, fermentasyon ve kurutma gibi çeşitli koruma teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır (Davidson ve Taylor, 2007; Farkas,

2007). Gıdalarda bakteriyel ve fungal gelişmeyi önlemek için doğal alternatif çözümler bulmak için çok sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda, sentetik kimyasal katkı maddeleri ile ilgili artan tüketici bilinci ve endişesi nedeniyle, doğal bileşiklerle korunmuş gıdalar çok daha popüler hale gelmektedir. Gıdada istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesini engellemek için, antimikrobiyaller doğrudan ürün formülasyonuna eklenebilir, yüzeyine kaplanabilir veya ambalaj malzemesine dahil edilebilir. Aktif ajanların gıdaya doğrudan dahil edilmesi mikroorganizma popülasyonlarının hemen kısa süreli azalması ile sonuçlanırken, antimikrobiyal filmler aktivitelerini uzun süre koruyabilmektedir (Appendini ve Hotchkiss, 2002; Hanušová ve ark., 2009).

Ana doğal bileşikler bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar (örn. fesleğen, kekik, kekik, tarçın, karanfil ve biberiye), hayvansal kaynaklardan elde edilen enzimler (örneğin, lysozyme, laktoferrin), mikrobiyal kaynaklardan bakteriyosinler (nisin, natamisin), organik asitler (örn. sorbik, propiyonik, sitrik asit) ve doğal olarak oluşan polimerleri (kitosan) kapsamaktadır. Bu bağlamda, bitki esansiyel yağlar genellikle güvenli (GRAS) olarak kabul edilmektedir. Aktif bileşenler genellikle uçucu yağ fraksiyonlarında bulunmakta olup, gıda kaynaklı patojen bakterilere, toksin oluşturan küflere ve bozulmalara neden olan mikroorganizmalara karşı geniş bir antimikrobiyal aktivite spektrumuna sahip olduğu iyi bilinmektedir (Gutierrez ve ark., 2009). Bitki uçucu yağların antimikrobiyal aktivitesi, özellikle fenolik bileşenlerin hidrofilik grupları varlığından ve/veya fenolik bileşenlerin hidroksil grupları (lipofiliklik) ve kimyasal yapılarından kaynaklanmaktadır.

Aromatik bitki türlerinden elde edilen uçucu yağlarda bulunan en aktif antimikrobiyal bileşenlerinin 1,8-cineole ve terpinene-4-ol olduğunu ifade edilmiştir (Piccaglia ve ark., 1993; Di Leo Lira ve ark., 2009). Genellikle mikroorganizmaların inhibe edilmesinde, karanfil, kekik, biberiye, adaçayı, vanilin vb. yağlarının fenolik bileşiklerinin etkili olduğu bilinmektedir (Del Nobile ve ark., 2012). Tıbbi ve aromatik bitkiler ve esansiyel yağlarının antimikrobiyal etkisi; substratın kompozisyonuna, hedef mikroorganizmanın türüne, bitkinin çeşidi ve bölümlerine, gıdaların üretim ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik olduğu saptanmıştır. Ayrıca karışım halinde kullanımın ise daha çok etkili olduğu ortaya konulmuştur (Nostro ve ark., 2000; Sağdıç, 2003; Rios ve Recio, 2005).

Gıdalarda oluşan mikrobiyal kaynaklı bulaşmalar çoğunlukla, uygulanan proses sonrası ellerle gıdaya yapılan temaslardan kaynaklanmakta ve öncelikle gıda yüzeyinde başlamaktadır. Bu durum maalesef gıdaların raf ömrünü azaltırken, gıda kaynaklı oluşabilecek hastalık riskini de arttırmaktadır. Bu sebeple, oluşabi-

lecek bu tarz kontaminasyonları engellemek veya geciktirmek için antimikrobiyal özellikli maddeler ya püskürtme ya da daldırma gibi işlemlerle doğrudan gıda yüzeyine uygulanmaktadır. Bu tarz uygulamalarda antimikrobiyal maddeler, gıdaya hızlı bir şekilde geçiş yaptığından ya da gıdada nötralize olduklarından yararlılıkları azalmaktadır (Coma ve ark., 2002). Tüm bu olumsuzlukların giderilmesi ve artan tüketici istekleri sebebiyle gıdalarda raf ömrünü ve gıda güvenliğini artıracak yeni gıda ambalaj sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sistemler temelde gıdadan ortama ya da ortamdan gıdaya oksijen, nem, flavor geçişini sınırlayarak ve antimikrobiyal aktivite sağlayarak gıdaların raf ömrünü arttırmaktadırlar (Quintavalla ve Vicini, 2002; Cha ve Chinnan, 2004).

Antimikrobiyal Madde İçeren Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar, protein, lipit ve polisakkaritlerden hazırlanan sürekli matriksler olarak tanımlanmaktadır (Çağrı, 2002). Daha az maliyetli olmaları nedeniyle, gıda endüstrisinde popüler olmuşlardır (Cha ve Chinnan, 2004). Yenilebilir film ve kaplamaların temel özelliği yenilebilir materyallerden üretilmeleri, gıdaya ya yüzey kaplaması şeklinde ya da bileşenlerin arasına ince film şeklinde uygulanabilen ve gıdayla atmosfer arasında oluşabilecek oksijen, nem, karbondioksit, lezzet ve aroma geçişlerini sınırlandıran uygulamalardır (Du ve ark., 2009, Dursun ve Erkan, 2009). Kuralına uygun olarak yapılan bu tarz uygulamalarda, bir paketleme materyalinin sağladığı tüm özellikleri yerine getirdiği gibi antioksidantlar, aromalar, koruyucular ve antimikrobiyal ajanlar içinde taşıyıcı görevi görmektedirler (Ko ve ark., 2001; Skurtys ve ark., 2010). Gıda ürünlerinde, antimikrobiyal yenilebilir biyopolimer film ve kaplamalar oldukça ilgi görmektedir. Bu ürünlerde, özellikle yüzeyde bozulma yapan mikroorganizmalar ile patojen mikroorganizma yükünü azaltması, aroma kaybını engellemesi ve istenmeyen koku kontaminasyonlarını sınırlandırması, antimikrobiyal yenilebilir film ve kaplamaların sağladığı faydalar arasındadır (Karagöz ve Candoğan, 2007). Gıda yüzeyi ile etkileşim halinde bulunan bu tarz uygulamalarda gıdalardaki spesifik mikroorganizmaların büyüme hızını azaltarak gıda güvenliği kontrol altına alınmaktadır. Uygulamanın etkinliği açısından hedef mikroorganizma ve gıda kompozisyonu çok önemlidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, difüzyon kinetiği ile ambalajdan gıdaya difüze olan, antimikrobiyal maddenin aktivitesinin tespit edilmesidir (Ayana, 2007).

Paketlenmiş gıdalarda, paketlemeden önce veya sonrasında mikrobiyolojik kontaminasyon olabilir. Ancak yenilebilir kaplama yapılmış gıdalarda kaplama materyali ile kaplanmış gıdanın yüzeyinde, oksijenin azlığı ve antimikrobiyal maddelerle gıda arasındaki doğrudan etkileşim sebebiyle, mikroorganizma geli-

şimi olmaz. Bu durum sadece kaplamanın yüzeyinde olabilir (Ayana, 2007). Uygulama sonrası antimikrobiyal madde geçişleri film tabakasından gıdaya yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu sayede film içerisinde ve gıda yüzeyinde uzun süre yüksek antimikrobiyal etki göstermektedir. Yenilebilir kaplama sistemlerinde ise yüksek antimikrobiyal etki için, etken maddenin kaplama materyalinde kalması istenmektedir. Bundan dolayı yüksek antimikrobiyal etki için kaplamalardaki etken maddenin difüzyon hızının, filmlerdekine oranla daha düşük olması istenir.

Taze süt ve ürünleri, istenmeyen mikroorganizmalar tarafından kolayca kontamine olan tüketime hazır gıdalar olarak bilinmektedir. Ülkemizde üretilen 50'ye yakın peynir çeşidinden en çok tercih edilen ve yaygın olarak tüketilenler beyaz peynir, tulum ve kaşar peynirleridir. Endüstriyel peynirler genellikle pastörizasyon işlemi görmüş sütlerden üretilmektedir. Pastörizasyon işlemi ile patojen ve saprofit mikroorganizmalar önemli ölçüde inaktivite edilmektedir. Ancak üretim esnasında ve sonrasında değişik etkenler gıdanın mikroorganizmalar ile kontaminasyona uğramasına neden olabilmektedir. Süt Ürünlerinde sektörün en büyük problemlerinden biri olan üretim sonrası küflenme problemi, taze kaşar peynirlerinin en önemli sorunlarından birisidir. Önemli miktarda ürün kaybına yol açmasının yanı sıra tüketicinin ürüne ve markaya olan güvenini de olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle olası küflenme sorunlarının önüne geçmek ya da geciktirmek için üretici firmalar birtakım kimyasallardan oluşan katkı maddeleri kullanmak zorunda kalmakta bu da tüketicinin ürüne olan güvenirliliği ve tercihini sorgulanmasına neden olmaktadır. Peynir; sütlerin yağı tamamen alınmış, az yağlı ve yağlı olarak uygun peynir mayası katılarak (proteolitik enzimlerle veya zararsız organik asitlerle) pıhtılaştırıldıktan sonra peynir altı suyunun uzaklaştırılarak, oluşan pıhtının şekillendirilmesi ve tuzlanarak taze veya olgunlaşma işleminden sonra tüketilen bir süt ürününün olarak bilinmektedir (Üçüncü, 2008). Kaşar peyniri, çiğ veya pastörize sütlerin işlenmesi sonucu elde edilen ve olgunlaşma sonunda kendine has, koku, renk, tat ve aroması olan sert yapılı bir peynirdir (Demirci ve Dıraman, 1990). Son yıllarda taze Kaşar peyniri üretimi; uzun bir olgunlaşma sürecinin olmaması ve dolayısıyla ekonomik olarak tüketiciye daha uygun fiyatla ulaşabilmesi nedeniyle oldukça yaygınlaşmıştır (Koca, 2003). Kaşar peynirinde ortaya çıkan en önemli problem, yüzey küflenmesidir (Basillico ve ark., 2001). Çoğunlukla yüzeyde oluşan küflü kısım peynirin tüketiminden önce ince bir tabaka halinde kesilerek uzaklaştırılmaktadır. Bu durum hem yaklaşık %8 oranında peynir kaybına yol açarak ekonomik anlamda kayıplara yol açmakta (Yılmaz ve Dağdemir, 2012) hem de küfler tarafından oluşturulan olası mikotoksinler sağlık açısından önemli risk oluşturmaktadır (Öksüztepe ve ark., 2009). Yapılan

çalışmalarda tek başına vakum paketleme uygulamasının mikrobiyal açıdan tam koruma sağlayamadığı belirtilmiştir (Gün ve ark., 2009). Peynirlerde bozulma etmeni hkim floranın *Penicillium* spp. ve bununla birlikte *Mucor* spp., *Aspergillus* spp., *Geotricum* spp., *Rhizopus* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Trichoderma* spp. ve *Scopulariopsis* spp. cinsleri olduğu bildirilmiştir (Kıvanç, 1990; zakmak ve Dervişoğlu, 2011).

Bazı mikroorganizmalar istenmeyen görsel görünümün oluşmasına neden olan, peynirin ticari değerini azaltan ve gıda güvenliğini ve insan sağlığını etkileyen patojenlerdir. Son zamanlarda, bazı araştırmalar doğal bileşiklerin mikroorganizmalar üzerinde etkili olduklarını tespit edilmiştir. Doğrudan süte veya ürünlerine püskürtme, daldırma veya toz haline getirme yoluyla peynirlere uygulandığında doğal bileşiklerin tek başına veya diğer koruma yöntemleri ile kombinasyon halinde antimikrobiyal etkinliğinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca antimikrobiyaller peynirle temas eden ya da ambalajlama için kullanılan plastik filmlere dahil edilen ambalaj malzemelerinde de kullanılabilmektedir (Conte ve ark., 2007).

Mozzarella salamurasında ve sodyum aljinattan oluşan bir jel zltisinde farklı konsantrasyonlarda limon ekstresinin eklenmesi Conte ve ark. (2007) tarafından değerlendirilmiştir. İncelenen maddenin tipik süt mikrobiyal popülasyonunu etkilemeden bozulmadan sorumlu mikroorganizmalar üzerinde engelleyici bir etki gösterebileceğini doğrulayan, tüm aktif ambalajlı Mozzarella peynirinin raf ömründe bir artış gözlendiği saptanmıştır. Otaibi ve ark. (2008); kekik, mercanköşk ve adaçayı esansiyel yağlarını, 0.2, 0.5 ve 1.0 ppm konsantrasyonlarında labneye ilave etmişlerdir. Her uçucu yağ ürünün raf ömrünü 21 güne kadar uzatmıştır. Amirdivani ve Baba (2011) bitkisel ekstrakt ilavesinin yoğurt bakterilerinin çalışmasını hızlandırdığını ve pH düşüşünü arttırdığını ifade etmişlerdir. Ayrıca nane, deretotu ve fesleğen ilavesinin yoğurt bakterilerinin proteolitik aktivitesi ile yoğurdun raf ömrünü arttırdığını belirtmişlerdir. Josipovi ve ark. (2015) süzme peynire değişik baharatlar ilave ederek raf ömrünü uzatmayı başarılı bir şekilde uzatmış, uygun duyuusal özelliklere, biyolojik değeri iyileştirilmiş yeni tür süzme peynirler geliştirmiştir.

Ksouda ve ark. (2019) *Pimpinella saxifraga* esansiyel yağı ile kapladıkları peynirlerin kf ve bakteri gelişimini durdurarak raf ömrünü uzattığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada araştırmacılar kaplanan peynirlerin tüketicisi beğenisini olumsuz etkilemediğini de ifade etmişlerdir. Artiga-Artigas ve ark. (2017) *oregano essential* yağı ile kapladıkları yağsız peynirlerde küf, maya ve bakteri gelişiminin yavaşladığını ve peynirlerin raf ömrünün uzadığını ifade etmişlerdir. Tomar ve ark. (2020) ilek, ahududu, nar, böğürtlen, yaban mersini, karadut ve kızcık etanol

ekstraktlarının antifungal aktivitesinin 24.65 mm zon çapı ile *Mucor racemosus* üzerinde nar kabuğu etanol ekstraktı ile olduğunu, bu değeri 20.54 ve 20.03 mm zon çapları ile *Penicillium glaucum* ve *Penicillium chrysogenum*'un izlediğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda sentetik (yapay) kimyasal koruyucu ve lezzet vericilerin yerine bitkisel kaynaklı ürünlerin (karanfil, kimyon, nane, kekik, sarımsak, safran vb.) kullanımına ağırlık verilmektedir. Ülkemizde de bitkisel koku ve tat maddeleri (taze ve kurutulmuş otlar) peynir üretiminden tercih edilmektedir. Bitkisel katkı maddeleri genellikle telemeye ekleme yapılarak kullanılmaktadır (Adam, 1974; Saldamlı, 1985). Ayrıca tıbbi ve aromatik özellik gösteren bitkilerin uçucu yağ ve diğer bileşenleri antibakteriyel, antifungal ve antioksidan özellikler göstermektedir (Cankurt, 2015). Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen ürünler antimikrobiyal özelliklerini geniş bir spektrumda göstermektedir. Bu etkiler direk veya indirekt olarak mikroorganizma hücresinin biyokimyasal süreçlerini etkilemekte ve fizikokimyasal yapısını bozmaktadır. Etki genellikle hücre duvarının ve hücre bütünlüğünün bozulması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Hücre duvarının bütünlüğünün bozulmasında, hidrofobik özellik gösteren terpenler etkili olmaktadır. Terpenlerin, hücre duvarındaki lipitler ile interaksyonu sonucu lipitler bir araya gelmesine ve hücre zarının geçirgenliğini arttırmaktadır. Ayrıca fizikokimyasal yapının bozulması sonucu, hücredeki elektron ve proton akışında aksaklıkların oluşmasına ve koagülasyona neden olduğu belirlenmiştir (Burt, 2004; Silva ve Fernandes, 2010; Görmez, 2018).

Üretiminden tüketimine kadar geçen tüm aşamalarda, gıda mikroorganizmalar ile kontamine olmaması için sürekli kontrol altında tutulmaya çalışılmaktadır (Rasooli, 2007). Güvenli ve kaliteli bir gıda üretimi açısından mikroorganizmaların kontrolü oldukça önem arz etmektedir. Mikrobiyal bozulmalar hem ekonomik kayıplara yol açmakta hem de patojen mikroorganizma veya mikrobiyal kaynaklı toksin bulunma olasılığı yüzünden tüketici sağlığı açısından için risk oluşturmaktadır. Mikroorganizma kontaminasyonu engelleyebilmek için çeşitli uygulamalar (dondurma, ısıl işlem, soğutma vb.) mevcuttur. Ancak bu uygulamalar gıdaların besleyicilik özelliği başta olmak üzere organoleptik özelliklerini kaybetmesine neden olabilmektedir (Cerit ve Gökçe, 2008; Öncül ve Karabıyıklı, 2015).

Gıdalarda bozulma nedenleri; enzimatik, kimyasal ve mikrobiyolojik kaynaklıdır. Bu bozulmalar arasında mikrobiyal kaynaklı olanlar diğer iki bozulmaya kıyasla tüketici sağlığı açısından daha fazla önem arz etmektedir. Tüm gelişmiş koruma yöntemlerine rağmen gıdalar mikrobiyolojik olarak bozulmaya devam etmekte ve her yıl milyonlarca insanın sağlığı bu gıdalar yüzünden bozulmaktadır. Gıda kaynaklı hastalıkların gün geçtikçe artış göstermesi, tüketicilerin gıdalar

için uygulanan mevcut koruma yöntemlerinin sorgulamasına sebep olmaktadır. Ayrıca kullanılan sentetik koruyucuların sağlık üzerindeki tehlikeli yan etkileri nedeniyle, tüketicilerin kimyasal kaynaklı koruyucu ve katkı maddelerini içeren gıdaları tercih etmedikleri belirlenmiştir (Çoşkun, 2010; Keskin ve Toroğlu, 2011). Bundan dolayı tüketicilerin doğal veya doğal ürünlerle elde edilen katkı ve koruyucu maddeler ilavesi ile üretilen gıda maddelerine daha fazla talep göstermektedirler. Bunun neticesinde üretici firmalar hayvansal ve bitkisel kaynaklı doğal korucular arayışına girmişlerdir.

Gıdaların raf ömrünü, güvenliğini ve kalitesini arttırmak amacıyla, bitkisel ve hayvansal kaynaklı doğal antimikrobiyal özellik gösteren bileşiklerin kullanılması biyokoruma kapsamında değerlendirilmektedir (Tiwari ve ark., 2009; Öncül ve Karabıyıklı, 2015). Bu kapsamda, gıdalarda kullanılan bitki ekstraktları, esansiyel yağlar, yağ asitleri ve baharatlar gibi antimikrobiyal etkileriyle gıdalarda bulunması olası patojen ve saprofit mikroorganizma florası üzerinde etkili doğal bir inhibisyon sağlanmaya çalışılmaktadır (Öncül ve Karabıyıklı, 2015).

Gelişen gıda bilimi ve teknolojisi alanında insan sağlığı gözetilerek doğal bitkisel maddelerden en etkin ve verimli biçimde yararlanmak için farklı tekniklere yönelimler gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda, son yıllarda çok popüler olan kaplama uygulamalarına yönelik çalışmalar incelendiğinde ise model sistemlerdeki uygulamalara yönelik araştırmaların sayısının fazlaştığı, fakat doğal bitki ekstraktlarıyla kaplanmış bu maddelerin gıdalara uygulanmasına yönelik çalışmaların çok daha yeni ve sayıca az olduğu görülmektedir. Gıdaların istenilmeyen mikroorganizma gelişmesine karşı korunması ve raf ömrünü uzatmak amacıyla bitki kaynaklı ürünlerin kullanımı gün geçtikçe artış göstermektedir. Bu ürünler tamamen doğal ve ekonomik olmalarının yanı sıra, GRAS özellikte olmaları, gıdalarda istenilmeyen değişikliklere yol açmamaları, gıdanın organoleptik özelliklerini olumsuz yönde etkilememeleri, gıdanın güvenilir kalmasını sağlamaları ve raf ömrünü uzatmaları gibi pek çok avantaja sahiptirler. Bu nedenle gıda sanayisinde antimikrobiyal ajan olarak değerlendirileceği öngörülmektedir (Cerit ve Gökçe, 2008).

Günümüzde değişen toplumda insanların yaşam koşullarının kalitesinin artması beslenme alışkanlıklarında çeşitliliğe yol açmaktadır. Toplu tüketimin artması, daha çok hazır gıda tüketimine yönelimi sonucunda gıda kaynaklı rahatsızlıklar da artış göstermiştir. İnsanlar tükettikleri gıdanın güvenli, sağlıkları olumsuz yönde etkilemeyen kaliteli ve güvenli gıdalar beklentisindedir. Kimyasal koruyucu/katkı maddeleri gıda sektöründe uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak bu maddelerin büyük kısmının kısa ve uzun süreli tüketim sonucunda olası yan etkilerinin olduğu bilinmekte olup, güvenilirlik dereceleri belirsizdir. Bu durum

günümüzde tüketici tercihlerinin oluşmasında ürün fiyatının önüne geçmiştir. Yani tüketiciler sağlıklarını olumsuz etkileyecek kimyasal katkı kullanılmış ürünler yerine, doğal ancak daha pahalı ürünleri tercih eder hale gelmiştir. Organik tarım adı altında üretilen bitkisel ve hayvansal ürünler bunun en güzel örnekleridir. Tüm bu nedenler kimyasal koruyucular kullanılarak üretilen gıdaların yerine alternatif olarak doğal antimikrobiyal etkisi olan bitkisel kaynaklı ürünlerin kullanılmasının son derece avantajlı olacağını göstermektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar tıbbi ve aromatik bitkilerden uygun yöntemler ile elde edilecek ekstrakt ve esansiyel yağlar kullanılarak üretilen pek çok gıdanın başta gıda muhafazası olmak üzere, gıdalara aroma, lezzet ve koku gibi çeşitli yönlerden olumlu katkı sağladığını da göstermektedir (Sağdıç ve ark., 2002; Nair ve ark., 2005).

Patojen ve saprofit mikroorganizmalara karşı bitkisel kaynaklı ürünlerin etkinliğinin yapılacak çok sayıdaki çeşitli çalışmalarla test edildiği ve buna bağlı olarak gıdaların mikrobiyal güvenliğinin bu şekilde sağlanabileceği düşünülmektedir. Bu sayede sentetik katkı maddeleri yerine doğal antifungal etkili ekstraktların kullanılmasıyla son yıllarda hızla artan “green label” yani sentetik katkı maddeleri içermeyen gıda konseptine uygun yeni ürünler piyasada yer bulacaktır. Yapılacak çalışmalar ile halen kullanılmakta olan kimyasal kaynaklı katkı maddelerinin yerine, yüksek antifungal etkiye sahip, gıdanın duyuşal özelliklerine zarar vermeyen, tüketici beğenisine sahip ve en önemlisi doğal bileşenlerin kullanımını yaygınlaştıracaktır. Bu sayede piyasada oldukça pahalı ve olası yan etkilere sahip kimyasal kaynaklı koruyucu maddelerin alternatifleri oluşturulmuş olacaktır. Daha ekonomik ve daha güvenilir ürünler elde edilmesi sonucunda üretici ve tüketicinin beklentileri de karşılanacaktır. Ürünlerin güvenilirliği artacak, pazar payı ve rekabet olanakları artacaktır. Elde edilen katkı maddelerinin yurtiçi ve yurtdışı pazarlarda satış imkanları geliştirilerek ülke ekonomisine ve tarımsal kalkınmaya ciddi katkılar sağlanacaktır. Bu sayede sağlıklı, ekonomik, güvenilir tüketicilerin kafalarında soru işaretleri bırakmayacak doğal katkı ve koruyucu maddelerin kullanımı artacaktır.

Tıbbi ve aromatik bitkiler çok uzun yıllardan her kültürde olduğu gibi Türkiye’de de bilinmekte ve kullanılmaktadır. Gıda, ilaç, kozmetik ve baharat gibi birçok kullanım amaçları bulunan bu bitkilerin bir kısmı doğadan toplanırken bir kısmı da kültüre alınmış olup üretimi yapılmaktadır. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum ve iklim özellikleri nedeniyle çok çeşitli bitki türlerine sahiptir. Yapılan araştırmalar sonucunda ülkemizde 10 binden fazla türde bitki bulunduğu ortaya konulmuş olup bunların yarıya yakını endemik özellik gösterdiği bilinmektedir. Bahsi geçen bu bitkilerin yaklaşık % 20’si hakkında çalışmalar yapılmasına karşın kalan kısım ile ilgili yeterli ve detaylı araştırmalar yapılmamıştır. Çalışma

yapılan kısmın ise bilinen pek çok özellikleri yanında henüz araştırılmamış özelliklerinin de bulunabileceği ortadadır.

Ülkemizde yetişen tıbbi ve aromatik bitkilerin pek çoğu antimikrobiyal özelliğe sahip etken maddeler içerdiği yapılan araştırmalarla ortaya konulmaktadır. Bilinen kadar henüz üzerinde yeterli araştırma yapılmamış bitkilerin de bu özelliklerinin olabileceği aşıkardır. Konu ile ilgili araştırmaların yapılması, olası antimikrobiyal etkilerin tespit edilmesi, bu etkiyi gösteren bileşenlerin izole edilmesi ile hem gıda sanayinde kullanılan pahalı ve kimyasal koruyuculara ciddi alternatifler ortaya konulacak hem de tüketicilerin bu konudaki endişeleri de ortadan kaldırılacaktır.

KAYNAKLAR

- Abou El-Soud, N. H., Deabes, M., Abou El-Kassem, L., Khalil, M. (2015). Chemical Composition and Antifungal Activity of *Ocimum basilicum* L. Essential Oil. *Macedonian Jurnal of Medical Sciences*. 15; 3(3): 374–379.
- Adam, R. C. (1974). Peynir. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:176, Ege Üniversitesi Matbaası Bornova, 268 s.
- Akbulut, S., Bayramoglu, M.M. (2014). Reflections of socio-economic and demographic structure of urban and rural on the use of medicinal and aromatic plants: The sample of Trabzon Province. *Studies on Ethno-Medicine*, 8(1), 89-100.
- Amirdivani, S., Baba, A.S. (2011). Changes in yogurt fermentation characteristics, and antioxidant potential and in vitro inhibition of angiotensin-1 converting enzyme upon the inclusion of peppermint, dill and basil. *LWT-Food Science and Technology*, 44(6), 1458-1464.
- Appendini, P., Hotchkiss, J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126.
- Artiga-Artigas, M., Acevedo-Fani, A., Martín-Belloso, O. (2017). Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control* 76,1-12.
- Aslan, N. (2014) Endemik Tıbbi Bitkilerimiz. II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 23–25 Eylül 2014 Yalova, Bildiriler Kitabı, s: 9-21.
- Ayana, B. (2007). Antimikrobiyel Yenilebilir Filmlerin Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 60s.
- Aytaç, S., Yiğen, Ç. (2016). Tıbbi ve aromatik bitkilerin önemli kullanım alanları. III. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu. S: 147-152, 4-6 Ekim 2016, Antalya, Türkiye.
- Basilico, J., Debasilico, M.Z., Chierlatti, C., Vinderola, C.G. (2001). Characterization and control of mould thread in cheese. *Let. App. Micro*. 32, 419
- Bayaz, M. (2014). Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53.
- Baydar, H. (2007). Tıbbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilim ve Teknolojisi, S.D.Ü. Yayınları, Isparta, Yayın No: 51.
- Bisht, D., Pal, A., Chanotiya, C.S., Mishra, D., Pandey, K.N. (2011).Terpenoid composition and antifungal activity of three commercially important essential oils against *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger* *Natural Product Research*. 25(20) 1993–1998.
- Boonchird, C., Flegel, T.W. (1982). In vitro antifungal activity of eugenol and vanillin against *Candida albicans* and *Cryptococcus neoformans*. *Canadian Journal of Microbiology* 28, 1235–1241.

- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- Cankurt, H. (2015). Bazı bitki aromatik su ve uçucu yağlarının blok tipi eritme peyniri ve beyaz peynirin çeşitli özellikleri üzerine etkisi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Doktora Tezi, Kayseri.
- Cankurt, H., Sağdıç, O. (2019). Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Su Ekstraktlarının ve Uçucu Yağlarının Model Gıda Olarak Blok Tip Eritme Peynirinde *Clostridium tyrobutyricum* ve Toplam Maya-Küf Sayıları Üzerine Etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (21), 40-52.
- Cerit, L.S., Gökçe, R. (2008). Bazı baharat uçucu yağlarının antimikrobiyal özellikleri. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*6(1): 29-32.
- Cha, D.S., Chinnan, M.S. (2004). Biopolymer-Based Antimicrobial Packaging: A Review. *Food Science and Nutrition*, 44:223-237.
- Chi, S. (2004). Development and characterization of antimicrobial food coatings based on chitosan and essential oils. MSc. Thesis, University of Tennessee, USA.
- Chidi, F., Bouhoudana, A., Khaddor, M. (2020). Antifungal effect of the tea tree essential oil (*Melaleuca alternifolia*) against *Penicillium griseofulvum* and *Penicillium verrucosum* *Journal of King Saud University – Science* 32, 2041–2045
- Cisarova, M., Tancinova, D., Medo, J. (2016) Antifungal activity of lemon, eucalyptus, thyme, oregano, sage and lavender essential oils against *Aspergillus niger* and *Aspergillus tubingensis* isolated from grapes. *Potravinarstvo, Scientific Journal for Food Industry*.1,83-88.
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., Deschamps, A. (2002). Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of food science*, 67(3), 1162-1169.
- Conte, A., Scrocco, C., Sinigaglia, M., Del Nobile, M. A. (2007). Innovative active packaging systems to prolong the shelf life of Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 90, 2126–2131.
- Coşkun, F. (2010). Gıdalarda kullanılan bazı baharat ve baharat özütlerinin antimikrobiyal aktivitesi. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 8(4): 41-46.
- Çağrı, A., Ustunol, Z., Ryser, E.T. (2002). Inhibition of Three Pathogens on Bologna and Summer Sausage using Antimicrobial Edible Films. *J. of Food Science*, 67(6): 2317-2324.
- Çimen, A. (2009). Uzundere ve Çevresi Tıbbi Aromatik Bitkiler. Yüksek Lisans Tezi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Davidson, P. M., Taylor, M. T. (2007). “Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds”, in *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, eds P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (Washington, DC: American Society for Microbiology Press), 713–734.

- Del Nobile, M. A., Lucera, A., Costa, C., Conte, A. (2012). Doğal antimikrobiyal bileşiklerin gıda uygulamaları. Mikrobiyolojideki sınırlar, 3, 287.
- Demirci, M., Dıraman, H. (1990). Trakya bölgesinde üretilen vakum paketlenmiş taze Kaşar peynirlerinin yapım tekniği fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri ve enerji değerleri üzerinde bir çalışma. Gıda Derg., 15 (2): 83-88.
- Di Leo Lira, P., Retta, D., Tkacik, E., Ringuelet, J., Coussio, J.D., Van Baren, C., Bandoni, A.L. (2009). Essential oil and by-products of distillation of bay leaves (*Laurus nobilis* L.) from Argentina. Ind. Crop Prod., 30: 259-264.
- Didry, N., Dubreuil, L., Pinkas, M. (1994). Activity of thymol, carvacrol, cinnamaldehyde and eugenol on oral bacteria. Pharmaceutica Acta Helvetiae 69, 25–28.
- Du, W.X., Olsen, C.W., Avena-Bustillos, R.J., Mchugh, T.H., Levin, C.E., Mandrell, R., Friedman, M. (2009). Antibacterial Effects of Allspice, Garlic and Oregano Essential Oils in Tomato Films Determined by Overlay and Vapor-Phase Methods. J. Food Science, 74(7): 390-397.
- Dursun, S., Erkan., N. (2009). Yenilebilir Protein Filmler ve Su Ürünlerinde Kullanımı. J. of Fisheries Science.com, 3(4): 352-373.
- Faleiro, M.L. (2011). The Mode of Antibacterial Action of Essential Oils. In Mendez-Vilas, A. (Ed.), Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances (1143-1156). Formatex, 691p, Spain.
- FAO. (2015). Corporate Document Repository. Impact of Cultivation and Gathering of Medicinal Plants on Biodiversity. <http://www.fao.org/docrep/005/aa010e/aa010e02.htm>. (Erişim Tarihi: 20.01.2020).
- Farkas, J. (2007). “Physical methods of food preservation”, in Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers, eds. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (Washington, DC: American Society for Microbiology Press) 685–705.
- Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S. (2013). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Antimikrobiyal, Antioksidan Aktiviteleri ve Kullanım Olanakları. EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(2), 233-265.
- Görmez, Ö. (2018). Bazı Tıbbi Bitkisel Ürünlerin In Vitro Ve In Vivo Antimikrobiyal Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., Bourke, P. (2009). Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential and interactions with food components. Food microbiology, 26(2), 142-150.
- Gün, I., Güzel-Seydim, Z., Seydim, A. C. (2009). Modifiye atmosferde paketlenmenin farklı tipteki peynirlerin bazı niteliklerine etkisi. Gıda, 34 (5): 309-316.

- Hanušová, K., Dobiáš, J., Klaudisová, K. (2009). Effect of packaging films releasing antimicrobial agents on stability of food products. *Czech J. Food Sci*, 27, 347-349.
- Hao, Y.Y., Brackett, R.E., Doyle, M.P.(1998). Efficacy of plant extracts in inhibiting *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* in refrigerated, cooked poultry. *Food Microbiology* 15, 367–378.
- Josipović, R., Medverec Knežević, Z., Frece, J., Markov, K., Kazazić, S., Mrvčić, J. (2015). Improved properties and microbiological safety of novel cottage cheese containing spices. *Food technology and biotechnology*, 53(4), 454-462.
- Kaab, S.B., Rebey, I.B., Hanafi, M., Berhal, C., Fauconnier, M.L., De Clerck, C., Ksouri, R., Jijakli, H.(2019). *Rosmarinus officinalis* essential oil as an effective antifungal and herbicidal agent. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 17 (2), 1006, 1015.
- Karagöz, Z., Candoğan, K. (2007). Et Teknolojisinde Antimikrobiyel Ambalajlama. *Gıda*, 32(3): 113-122.
- Keskin, D., Toroğlu, S. (2011). Gıda kaynaklı bazı patojen bakterilerin gelişmesini engelleyen tıbbi bitkiler ile bunların ekstraktları ve uçucu yağları. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*,9(3):53-60.
- Kılıç, A. (2008). Uçucu Yağ Elde Etme Yöntemleri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, cilt:10, sayı:13, 37-45.
- Kılıç, S., Karagözlü, C., Akbulut, N. (2000). Ekzopolisakkarit üreten yoğurt bakterilerinin meyveli yoğurt yapımında kullanımı üzerinde bir çalışma. *Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı maddeleri. VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Tebliğler Kitabı*.(Ed. M. Demirci), 21-22. Tekirdağ.
- Kıvanç M. (1990). Mold growth and presence of aflatoxin in some Turkish cheese. *J Food Safety*10: 287-294.
- Kim, J., Marshall, M.R., Wei, C. (1995). Antimicrobial activity of some essential oils components against five foodborne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43,2839–2845.
- Ko, S., Janes, M.E., Hettiarachchy, N.S., Johnson, M.G. (2001). Physical And Chemical Properties Of Edible Films Containing Nisin and Their Action Against *Listeria monocytogenes*. *J. Food Sci*, 66: 1006–1011.
- Koca, N. (2003). Bazı yağ ikame maddelerinin yağı azaltılmış taze kaşar peynirinin nitelikleri üzerine etkileri, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Bornova, İzmir, 227 s.
- Ksouda, G., Sellimi, S., Merlier, F., Falcimaigne-cordin, A., Thomasset, B., Nasria, M., Hajji, M. (2019). Composition, antibacterial and antioxidant activities of *Pimpinella saxifrage* essential oil and application to cheese preservation as coating additive. *Food Chemistry* 288,47–56.

- Kumar, A., Shukla, R., Singh, P., Dubey, N.K. (2010). Chemical composition, antifungal and antiautoxidogenic activities of *Ocimum sanctum* L. essential oil and its safety assessment as plant based antimicrobial. *Food Chemistry and Toxicology*, Richmond, v.48, 539-543.
- Kumar, V., Mathela, C.S., Kumar M., Tewari, G. (2019). Antioxidant potential of essential oils from some Himalayan Asteraceae and Lamiaceae species. *Medicine in Drug Discovery*, 1, 100004.
- Küçüköner, E., Kılınçker, O., Doğan, İ.S. (2003). Gıdalara yenilebilir kaplama uygulamalarında süt ürünlerinin kullanım olanakları. *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 251-256, 22-23 Mayıs 2003, Bornova, İzmir.
- Lambert, R.J.W., Skandamis, P.N., Coote, P.J., Nychas, G.J.E. (2001). A study of minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 9, 453-462.
- Leroy, F., De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
- Lis-Balchin, M., Deans, S.G. (1997). Bioactivity of selected plant essential oils against *Listeria monocytogenes*. *Journal of Applied Microbiology*, 82, 759-62.
- López-Malo, A., Alzamora, S. M., Palou, E. (2005). *Aspergillus flavus* growth in the presence of chemical preservatives and naturally occurring antimicrobial compounds. *International Journal of Food Microbiology*, 99(2), 119-128.
- Mahmoud, A.L.E. (1994). Antifungal action and antiautoxidogenic properties of some essential oil constituents. *Letters in Applied Microbiology* 19, 110-113.
- Nair, R., Kalariya, T., Chanda, S. (2005). Bazı seçilmiş Hint tıbbi florasının antibakteriyel aktivitesi. *Türk Biyoloji Dergisi*, 29 (1), 41-47.
- Nakatsu, T., Lupo Jr, A. T., Chinn Jr, J. W., Kang, R. K. (2000). Biological activity of essential oils and their constituents. In *Studies in natural products chemistry* (Vol. 21, pp. 571-631). Elsevier.
- Nostro, A., Germano, M. P., D'angelo, V., Marino, A. ve Cannatelli, M. A. (2000). Tıbbi bitki antimikrobiyal aktivitesinin değerlendirilmesi için ekstraksiyon yöntemleri ve biyo-otografi. *Uygulamalı mikrobiyolojideki harfler*, 30 (5), 379-384.
- Otaibi, M. Al., Demerdash, H. El. (2008). Improvement of the quality and shelf concentrated yoghurt (labneh) by the addition essential oils. *Afr. J. Microbiol. Res.* 2, 156-161.
- Öksüztepe, G., Padır, B., Dikici, A., İlhak, O. İ. (2009). Elazığ'da tüketime sunulan vakum paketli taze Kaşar peynirlerinin mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *F. Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg.*, 23 (2): 89 -94.

- Öncül, N., Karabıyıklı, Ş. (2015). Bitkisel Kaynaklı Antimikrobiyallerin Gıdalarda Bulunan Mikroorganizmalar Üzerindeki İnhibitif Etkinliği. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 13(2).
- Özçakmak S., Dervişoğlu, M. (2011). Peynirlere kontamine olan küflerin bazı esansiyel yağlar ile inhibisyonu, *GIDA* (2011) 36 (3): 177-184.
- Piccaglia, R., Marotti, M., Giovanelli, E., Deans, S.G., Eaglesham, E. (1993). Antibacterial and antioxidant properties of Mediterranean aromatic plants. *Ind. Crop Prod.*, 2(1): 47-50.
- Piras, A., Goncalves, M. J., Alves, J., Salguero, L. (2018). *Ocimum tenuiflorum* L. and *Ocimum basilicum* L., two spices of Lamiaceae family with bioactive essential oils. *Industrial Crops and Products* 113, 89-97.
- Quintavalla, S., Vicini, L. (2002). Antimicrobial Food Packaging in Meat Industry. *Meat Science*, 62:373-380.
- Rasooli, I. (2007). Food preservation-a biopreservative approach. *Food* 1 (2): 111-136.
- Rios, J. L., Recio, M. C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of ethnopharmacology*, 100(1-2), 80-84.
- Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J., Zoon, P. (2002). An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 163-171.
- Rydlo, T., Miltz, J., Mor, A. (2006). Eukaryotic antimicrobial peptides: promises and premises in food safety. *Journal of Food Science*, 71(9), R125-R135.
- Sağdıç, O. (2003). Sensitivity of four pathogenic bacteria to Turkish thyme and oregano hydrosols. *LWT-Food Science and Technology*, 36(5), 467-473.
- Sağdıç, O., Kuşçu, A., Özcan, M. ve Özçelik, S. (2002). Türk baharat ekstraktlarının çeşitli konsantrasyonlarda *Escherichia coli* O157: H7'nin büyümesi üzerine etkileri. *Gıda Mikrobiyolojisi*, 19 (5), 473-480.
- Sahab, A.F., Aly, S., Hathout, A.S., Ziedan, E. H., Sabry, B. A. (2014). Application of Some Plant Essential Oils to Control *Fusarium* Isolates Associated with Freshly Harvested Maize in Egypt. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 17 (6), 1146 – 1155
- Sahal, G., Woerdenbag, H. J., Hinrichs, W.J., Visser, A., Tepper, P.G., Quax, W.J., Vander Mei, H. Bilkay, I.S. (2020). Antifungal and biofilm inhibitory effect of *Cymbopogon citratus* (lemongrass) essential oil on biofilm forming by *Candida tropicalis* isolates; an in vitro study. *Journal of Ethnopharmacology* 246, 112188
- Saharkhiz, M.J., Kamyab, A.A. Kazerani, N.K., Zomorodian, K. Pakshir, K., Rahimi, M.J. (2014). Chemical compositions and antimicrobial activities of *Ocimum sanctum* L. essential oils at different harvest stages. *Jundishapur J. Microbiol.*, 8, 1-7.

- Saldamlı, İ. (1985). Gıda katkı maddeleri ve ingrediyenler. Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara 197 s.
- Scora, K.M., Scora, R.W. (1998). Effect of volatiles on mycelium growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, and *P. ulaiense*. *Journal of Basic Microbiology* 38, 405–413.
- Silva, N. C. C., Fernandes Júnior, A. (2010). Biological properties of medicinal plants: a review of their antimicrobial activity. *Journal of venomous Animals and Toxins including tropical diseases*, 16(3), 402-413.
- Singh, T. K., Drake, M. A., Cadwallader, K. R. (2003). Flavor of Cheddar cheese: A chemical and sensory perspective. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(4), 166-189.
- Šipailienė, A., Venskutonis, P. R., Baranauskienė, R., Šarkinas, A. (2006). Antimicrobial activity of commercial samples of thyme and marjoram oils. *Journal of Essential Oil Research*, 18(6), 698-703.
- Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Osorio, F., Agulera, J.M. (2010). Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. ISBN: 1616682698. 66p.
- Songsamoea, S., Matana, N., Matan, N. (2017). Antifungal activity of *Michelia alba* oil in the vapor phase and the synergistic effect of major essential oil components against *Aspergillus flavus* on brown rice. *Food Control* 77, 150-157.
- Şahin, B. (2013). Farklı Ekim Zamanlarında Yetiştirilen Bazı Tıbbi Bitkilerin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Tan, A. (2010). Türkiye Bitki Genetik Kaynakları ve Muhafazası. Anadolu, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 20(1), 9-37.
- Tekin, E. (2019). Diyarbakır Aktarlarında Satılan Bazı Tıbbi Bitkilerdeki As, Cd, Hg Ve Pb Elementlerinin Icp-MS İle Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Diyarbakır.
- Temel, M., Tınmaz, A.B., Öztürk, M., Gündüz, O. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Tıbbi-Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 21: 198-214.
- Thormar, H. (2011). *Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents*. Wiley, 334p, United Kingdom.
- Tiwari, B. K., Valdramidis, V. P., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., Bourke, P., Cullen, P. J. (2009). Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(14), 5987-6000.
- Toker, R., Gölükcü M., Tokgöz, H. (2015). Tıbbi ve aromatik bitkilerin gıda sanayisinde kullanım alanları. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 4(15): 54-59.

- Tomar, O., Akarca, G., Başpınar, E. (2020). Determination of Antifungal Effects of Some Berry Fruits Ethanol Extracts by Disc Diffusion Method. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(2), 442-448.
- Tornuk, F., Cankurt, H., Ozturk, I., Sagdic, O., Bayram, O., Yetim, H. (2011). Taze kesilmiş havuç ve elmalarda *Escherichia coli* O157: H7 ve *Salmonella Typhimurium*'un azaltılmasında doğal bitki dezenfektanları olarak çeşitli bitki hidrosollerinin etkinliği. *Uluslararası Gıda Mikrobiyolojisi Dergisi*, 148 (1), 30-35.
- Uçar, E., Odabaş Köse, E., Özyiğit, Y., Turgut, K. (2015). Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerde Esansiyel Yağların Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi. *SDU Journal of the Faculty of Agriculture/SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 118-124.
- Ultee, A., Gorris, L.G.M., Smid, E.J. (1998). Bactericidal activity of carvacrol towards the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Journal of Applied Microbiology* 85, 211–218.
- Üçüncü, M. (2008). A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi, Meta Basım, İzmir.
- Ünlü, Ü. (2016). Bazı Tıbbi Bitkilerin Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Özülerinin Antimikrobiyal Etkilerinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Voda, K., Boh, B., Vrtacnic, M., Pohleven, F. (2003). Effect of the antifungal activity of oxygenated aromatic essential oil compounds on the white-rot *Trametes versicolor* and the brown-rot *Coniophora puteana*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 51, 51–59
- Yahyazadeh, M., Omidbaigi, R., Zare, R., Taheri, H. (2008). Effect of some essential oils on mycelial growth of *Penicillium digitatum* Sacc. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(8), 1445-1450.
- Yılmaz F., Dagdemir E. (2012) The effects of beeswax coating on quality of Kashar cheese during ripening. *Int J Food Sci Technol* 47:2582–2589.
- Zabka, M., Pavela, R., Slezakova, L. (2009). Antifungal effect of *Pimenta dioica* essential oil against dangerous pathogenic and toxinogenic fungi. *Industrial Crops and Products* 30, 250–253.



BÖLÜM 15

Yapay Zekâ ve Tarımda Kullanım Alanları

***Sinan Kartal*¹**

¹ Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, <https://orcid.org/0000-0002-9600-8052>

Giriş

Yapay zekâ (YZ), günümüz dünyasında hızla gelişen teknolojilerin neredeyse hepsinde kullanılan, farklı sektörlerde çığır açan yeniliklere olanak sağlamaktadır. İnsan zekâsını taklit ederek çalışan ve karmaşık süreçleri optimize eden bu teknoloji, tarımdan sağlığa, eğitimden ticarete kadar pek çok alanda kullanım alanına sahiptir. Özellikle veri odaklı çözümler sunması ve sürekli öğrenme kapasitesine sahip olması, yeni öneriler sunması YZ'yi hem akademik hem de pratik uygulamalarda vazgeçilmez bir araç haline getirmiştir. Bu bağlamda, YZ'nin tarım sektörü üzerindeki etkisi giderek artmakta ve tarımsal üretimin her aşamasında kullanılarak pek çok fayda sağlanmaktadır.

Tahıl üretimi küresel ekonomide önemli bir yere sahiptir. Bundan dolayı verimli ve güvenli gıda üretimine olan talepte artmaktadır. Gelişen bilgi teknoloji bu amaca ulaşmak için kullanılan araçlardan biridir. Mevcut araçlar arasında, görüntülerdeki desenlerin tespitinde önemli sonuçlar elde eden yapay zekâ algoritmalarıyla birleştirilmiş bilgisayarlı görme çözümleri öne çıkmaktadır (Patrício & Rieder 2018).

Dünyada doğal kaynakların verimli ve sürdürülebilir olması zorunlu gelmiştir. Gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için üretim miktarlarının arttığı bir durumda tarımsal üretimin her aşamasının iyileştirmelere yönelik talepler maksimum seviyededir (Charania, 2020). Yapay zeka ve bilgisayarlı otomasyonla desteklenen gelişmiş teknolojilerin kullanımı, hassas tarım daha da benimsenmesine ve Tarım 4.0 çağına girilmesi için önemli faktörler olarak kabul edilmektedir (Lu, 2020).

Dijital verilerin kullanımı tarım 4.0 döneminin temel özelliklerinden biridir. Bilgisayar hesaplamaları akustik olaylar ve veri işlemede kullanılan uygulamalarının gelişmesini sağlayan çeşitli veri türlerini kaydetmek için farklı cihazlar ve sensörler kullanılabilir. Bu uygulamalar üreticilere karar alma sürecinde yardımcı olma amacıyla tarımsal üretimin bir çok aşamasını izlemek, anlamak ve tahminleme için kullanılır (Megeto, vd., 2020)

Yakın gelecekte önemli bir sektör haline gelen dijital tarım ve teknolojileri, tarımsal üretimde verimliliği artırmayı ve üretimi iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bu amaçla toprağın ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına, iklim değişikliği ile mücadele ve eldeki kıt kaynakların korunmasını amaçlamaktadır (Çakmakçı & Cakmakcı 2023).

Tarımsal faaliyetler, doğrudan doğal kaynaklara ve doğaya bağımlı bir yapıya sahiptir. YZ'nin kaynakların doğru kullanımı ve doğa konusundaki sağladığı analiz ve öngörü yetenekleri büyük bir önem arz etmektedir. Toprak verimliliğinin

artırılması, sulama yönetiminin optimize edilmesi, zararlılarla mücadele ve hastalık tespitinin erken yapılması gibi süreçler, YZ'nin tarımda sunduğu başlıca faydalar arasında gösterilebilir. Bu faydalar, yalnızca çiftçilerin iş yükünü azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek tarımsal üretimde çevresel etkileri de minimize ederek önemli katkılar sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, YZ'nin tarımda uygulama potansiyeli, gıda güvenliği ve verimlilik konularında da önemli bir çözümler ve öneriler sunmaktadır.

Bu çalışmada, yapay zekânın tarihçesinden başlayarak, temel bileşenlerini ve pratik kullanım alanlarını ele almakta; ardından tarım sektörü için sağladığı çözümleri detaylı bir şekilde incelemektedir. Ayrıca, YZ'nin tarımda karşılaşılan risklerini ve bu risklere yönelik önerilen önlemleri de kapsamlı bir şekilde değerlendirek, bu teknolojinin tarımsal üretimde nasıl daha etkili kullanılabileceğine dair bir perspektif ortaya koymaktadır. YZ'nin tarımsal üretim ve ürünleri üzerinde, sağladığı kolaylık ve katkılar incelenmiştir. Teknolojinin hızla geliştiği bu dönemde, YZ'nin tarım sektörüne olan etkisini anlamak, hem akademik hem de pratik açıdan büyük bir önem taşımaktadır. Kaynakların verimli kullanarak, daha kaliteli ve daha fazla üretim yapmak adına tarımsal üretimde YZ'nin kullanımının yaygınlaştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Yapay Zekânın Tarihçesi

Yapay zekâ (YZ), insan benzeri gibi düşünme, öğrenme ve problem çözme, öneri geliştirme yeteneklerini makinelerle kazandırmayı amaçlayan bir alan olarak ortaya çıkmıştır. YZ'nin temelinde, 1940'lı yıllarda geliştirilen modern bilgisayar bilimi ve algoritmalar bulunmaktadır. Alan Turing'in 1950'de öne sürdüğü "Turing Testi" ile bir makinenin insan gibi düşünüp düşünemeyeceği sorusu yapay zekânın ilk fikrîsel temelini oluşturmuştur.

1956'da Dartmouth Konferansı ile "yapay zekâ" terimi resmen ortaya atılmış ve bu alanda ilk çalışmalar, özellikle mantık temelli sistemler ve satranç oynayan algoritmalar geliştirilerek başlamıştır. 1980'lerde bilgi tabanlı sistemler, 2000'lerde ise makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi daha ileri teknikler ortaya çıkmıştır. Son yıllarda, yapay zekânın özellikle bulut bilişim, veri bilimi ve IoT (nesnelerin interneti) teknolojileriyle entegre bir biçimde kullanılması, bu alandaki ilerlemeyi hızlandırmıştır farklı sektörlerde kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır.

Yapay Zekâ Nedir ve Sohbet Robotları Nelerdir?

Yapay zekâ (YZ), insanların zekâ kullanarak gerçekleştirdiği işlevleri taklit eden ve zamanla bu işlevleri optimize eden bilgisayar sistemlerini ifade eder. Bu

teknoloji, insan davranışlarının ve zekâsal işlevlerin algoritmik düzeyde modellenmesi üzerine kuruludur. Yapay zekâ sistemleri genellikle büyük veri setlerinden öğrenerek ve kullanarak karar verme yeteneklerinin gelişmesini sağlar.

YZ'nin temel unsurları şu şekilde sıralanabilir:

1. **Makine Öğrenimi (Machine Learning):** Makine öğrenimi, sistemlerin verilerden öğrenmesini ve bu öğrenimi yeni durumlara uygulamasını sağlar. Bu yöntem, genellikle denetimli öğrenme (supervised learning), denetimsiz öğrenme (unsupervised learning) ve pekistirmeli öğrenme (reinforcement learning) gibi alt dalları kapsar. Makine öğrenimi, özellikle büyük veri setleriyle çalıştığından, YZ'nin gelişiminde kritik bir role sahiptir.
2. **Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing - NLP):** Bu teknoloji, metin ve sesli dil verilerini anlama, yorumlama ve üretme yeteneğini kapsar. Örneğin, bir yapay zekâ sistemi, karmaşık bir belgeyi özetleyebilir ya da doğal bir diyalog yürütebilir.
3. **Görüntü Tanıma (Image Recognition):** Fotoğraflar, videolar ya da sensörlerden gelen görüntüleri analiz ederek belirli nesneleri veya desenleri algılama yeteneğidir. Tarımsal uygulamalarda bu teknoloji, mahsul durumu veya zararlı tespiti gibi önemli alanlarda kullanılmaktadır.
4. **Karar Verme Sistemleri:** YZ'nin karar verme sistemi, karmaşık durumları analiz ederek en uygun çözümü belirler. Bu sistemler, tarım, sağlık, finans ve lojistik gibi alanlarda kritik kararları hızlandırır.

Literatürde, yapay zekânın sürekli gelişen bir alan olduğu vurgulanmaktadır. McCarthy (2007) tarafından yapılan tanımda YZ, "insanların zekâsal fonksiyonlarını makinelere aktarma sanatı" olarak ifade edilmiştir. Çağdaş bir bakışla, YZ'nin temel olarak veri bilimi ve matematiksel modellere dayandığı ve bunların, özellikle büyük veri analitiğinde kritik rol oynadığı belirtilmektedir (Russell & Norvig, 2016).

Yapay zekânın gündelik hayattaki önemli bir uygulama alanı sohbet robotlarıdır. YZ Sohbet Robotları, doğal dil işleme tekniklerini kullanarak insanlarla etkileşim kurabilen dijital asistanlardır. Bu robotlar, kullanıcı sorularına yanıt verme, bilgi sağlama ve belirli işlemleri yerine getirme gibi çeşitli görevlerde kullanılır. ChatGPT, Siri ve Alexa gibi uygulamalar, eğitimden e-ticarete kadar geniş bir yelpazede hizmet sunar.

Tarım alanında, YZ sohbet robotları çiftçilere bitki bakımı, zararlı müdahalesi ve hava durumu tahminleri gibi konularda bilgi edinme fırsatı sunabilir. Örneğin, bir çiftçi, sohbet robotuna "Bu sezonda hangi bitkileri dikmeliyim?" veya "Zararlılarla müdahalede hangi yöntemi kullanmalıyım?" gibi sorular sorarak ilgili bilgiler alabilir. Bu şekilde, YZ tabanlı sistemler, tarımsal faaliyetlerin daha planlı ve verimli bir şekilde yürütülmesine yardımcı olabilir.

Yapay Zekânın Pratikte ve Bilimsel Amaçlarla Kullanımı

Yapay zekâ teknolojilerinin hızla gelişmesi, ChatGPT gibi sohbet robotlarının kullanımını yaygınlaştırmıştır. Özellikle Generative Pre-trained Transformer (GPT) modellerinin dil işleme yetenekleri, büyük metin veri kümeleri üzerinde eğitilerek insan benzeri performans sergilemeleri sayesinde büyük ölçüde artmıştır (Liang, Xiao, Liu, Zhou, Wang & Li, 2023; Kasneci, Kasneci, Stede & Naumann, 2023). Transformer mimarisinin temelindeki dikkat mekanizması, modelin önemli verilere odaklanarak doğru analizler yapmasını sağlarken (Vaswani, 2017), otoregresif yapısı ise verilen talimatları sıralı bir şekilde yorumlama olanağı sunar (Dehouche, 2021). Bu özellikler, ChatGPT'yi yalnızca metin üretiminde değil, aynı zamanda veri analizi gibi karmaşık görevlerde de güçlü bir araç haline getirmiştir. Bu durum yapay zekaya duyulan güveni ve kullanımını da beraberinde getirmiştir.

Yapay zekânın (YZ), pratikte ve bilimsel çalışmalara katkı sağlayacak şekilde kullanım alanlarını her geçen gün yaygınlaştırmaktadır. Ticaret, sağlık ve eğitim gibi çeşitli alanlarda YZ, verimliliği artırmak ve karar alma süreçlerini iyileştirmek ve hızlandırmak için kullanılmaktadır. Ticaret alanında YZ destekli algoritmalar, müşteri davranışlarını analiz ederek satış tahminleri yapabilmekte ve kişisel pazarlama stratejileri oluşturabilmektedir. Bu, Amazon gibi e-ticaret devlerinin ürün öneri sistemlerinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Smith & Linden, 2017).

Sağlık alanında yapay zekâ, tanı koyma ve tedavi planlama gibi kritik süreçlerde devrim niteliğinde katkılar sağlamaktadır. Derin öğrenme algoritmaları, görüntü tanıma teknolojisiyle entegre edilerek röntgen ve MR gibi görüntüleme tekniklerinde kanser tespiti yapmaktadır. Gulshan ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bir çalışma, YZ algoritmalarının diyabetik retinopati gibi hastalıkları tespit etmede insan uzmanlar kadar başarılı olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra, ilaç geliştirme süreçlerinde yapay zekâ, moleküler modelleme ve ilaç etkileşim analizlerinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Eğitim alanında yapay zekâ, kişisel öğrenme planlarının hazırlanması ve öğrenci performansının izlenmesi için kullanılmaktadır. Özellikle, adaptif öğrenme

platformları, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre ders içeriği sunarak eğitim sürecini optimize eder. Chen ve arkadaşlarının (2020) yaptığı bir çalışma, yapay zekâ destekli eğitim yazılımlarının öğrenci başarısında %20'lik bir artış sağladığını göstermiştir.

Bilimsel araştırmalarda ise yapay zekâ, veri analizi ve karmaşık matematiksel modellerin çözülmesi gibi çalışmaları hızlandırmaktadır. Higgs bozonunun keşfinde YZ algoritmalarının kullanımı, deneysel verilerin analiz edilmesini kolaylaştırmış ve farklı parametrelerin etkilerinin daha hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır (Baldi vd., 2014). Öte yandan, deneylerin simülasyonu alanında YZ, maliyetli laboratuvar çalışmalarının yerine sanal modeller sunarak hem zaman hem de kaynak tasarrufu sağlamaktadır.

Bu örnekler, yapay zekânın pratik ve bilimsel kullanım alanlarının ne kadar geniş olduğunu göstermektedir. Teknolojinin bu alanlardaki entegrasyonu, farklı alanlarda yenilikçi çözüm yolları sunmaya devam etmektedir.

Tarımda Yapay Zekâ Kullanımı Mümkün Müdür?

Yapay zekânın (YZ) tarımda kullanımı hem mümkün hem de son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde YZ'nin etkisi, daha hassas, verimli ve sürdürülebilir uygulamaların hayata geçirilmesiyle öne çıkmıştır. Gelişmiş sensör sistemleri, uydu görüntüleme teknolojileri ve büyük veri analitiği gibi modern teknolojilerin YZ ile entegrasyonu, tarımda yeni bir dönemin kapılarını aralamıştır. Yapay zekanın uygulanması son zamanlarda tarım sektöründe de yaygın olarak görülmektedir. Tarım sektörü verimi en üst düzeye çıkarmak için, toprak işleme, hastalık ve haşere istilası, çiftçilerin bilgi gereksinimleri ve teknolojik nedenlerden dolayı birçok zorlukla karşı karşıyadır. Tarımda yapay zekanın ana konsepti, esneklik, yüksek performans, doğruluk ve maliyet etkinliğidir (Eli-Chukwu, 2019).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2050 yılında tüm dünya nüfusunun 2 milyar daha artacağını, o tarihte tarım için artan uygun alanın %4 olacağını öngörmektedir. Artan nüfusa paralel olarak kaynakların artmaması modern teknolojiden yararlanılarak üretimin yapılmasına, istikrarlı yetiştirmesi ve tarımdaki mevcut problemlerin çözülmesi gerekmektedir. Tarımda yapay zekanın kullanılması tarımsal faaliyetlerde bu gereksinim açısından değişimin bir göstergesidir. Tarım alanları hastalık, uygunsuz toprak analizleri, zararlı istilaları, sulama ve yetersiz drenaj gibi çok fazla problemle karşı karşıyadır. Tarımsal faaliyetlerde gereksiz kimyasal kullanılması sonucu çevresel zararlara ve ürün kaybına nene olmaktadır. Yapay zeka tarımsal faaliyet yürüten kişiler için farklı yaklaşımlar ortada koyarak tarım açısından evrimleşmiştir (Sharma, 2021).

Örneğin, hassas tarım uygulamalarında YZ, toprak nemi, hava koşulları, bitki büyümesi ve zararlı faaliyetlerini anında analiz ederek çiftçilere öneriler sunabilmektedir. Belirli algoritmalar, toprak ve bitki durumunu izleyen sensörlerden gelen verileri analiz ederek sulama ve gübreleme gibi işlemleri optimize etmektedir. Bu sayede, kaynak kullanımında tasarruf sağlanırken ürün verimi artmaktadır (Zhang vd., 2002).

Yeterli gıdanın üretilmesi ve artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için uygun ve uyumlu çözümler sunmak için YZ yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. YZ tabanlı teknolojinin yaygınlaşması için üç önemli konunun netleştirilmesi gerekmektedir. Bunlar mekanizasyonun dağıtımı, algoritmaların büyük veri kümelerini hızlı ve doğru bir şekilde işleme yeteneği, verilerin, cihazların güvenliği ve gizliliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan robotlar büyük bir gelişim sağlayarak önemli bir yol almıştır. Geçtiğimiz yıllarda test edilen makine ve algoritmaların uygulanmasının zorluğu işaret edilmesine rağmen deneysel ortamlardan gerçek ortamlara geçiş umut verici olarak görülmektedir (Zha, 2020).

Uydu görüntüleme teknolojisi ve drone destekli gözlem sistemleri de YZ'nin tarımda kullanıldığı alanlardan biridir. Örneğin, NASA tarafından desteklenen bir çalışma, uydu verileri kullanarak tarımsal alanlarda bitki sağlığını ve su ihtiyacını tespit etmek için YZ algoritmaları geliştirilmiştir (Imran vd., 2021). Benzer şekilde, drone destekli teknolojiler, tarımsal zararlıların tespiti ve kontrolü için YZ destekli analizlerle entegre edilmiştir. Mahlein (2016), bitki hastalıklarını tespit etmek için hiperspektral görüntüleme kullanan YZ tabanlı modellerin %90'ın üzerinde başarı oranlarına kadar ulaştığını raporlamıştır.

YZ'nin tarımda kullanımı, otomatik sulama sistemleri gibi pratik uygulamalarla da öne çıkmıştır. Örneğin, sensörlerden gelen toprak nemi verilerini analiz eden YZ algoritmaları, sulama zamanlaması ve miktarını optimize edebilir. Bu tür uygulamalar, su kaynaklarının korunması ve verimliliğin artması açısından kritik önem taşımaktadır (Jones vd., 2017). Bu sistemler, hem küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada hem de gıda güvenliğini sağlamada kilit rol oynayacaktır.

Literatürde yapılan çalışmalar, YZ'nin tarımda kullanım potansiyelinin artmaya devam ettiğini göstermektedir. Akıllı tarım teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, çiftçiler artan verimlilik, azalan maliyetler ve daha sürdürülebilir uygulamalar gibi faydalar elde etmektedir. Bu durum, tarımda YZ'nin benimsenmesinin hem ekonomik hem de ekolojik yararlarını ortaya koymaktadır.

YZ'nin son zamanlarda kullanım alanları çok hızlı bir şekilde artmakta ve farklılaşmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde daha sağlıklı ürünler yetiştirmek, toprak ve büyüme koşullarını izlemek, elde edilen verileri izlemek, gıda tedarik zincirini yönetebilmek için YZ kullanımı ön plan çıkmıştır. Çiftçilerin ekim için optimal zamanın belirlenmesinde, en uygun tohumun seçilmesinde YZ'dan faydalanılır. Tarımsal üretimde YZ'nin üreticilerin daha az kaynak kullanarak daha fazla ürün elde etmesine imkan sağlamaktadır. Toprağın iyileştirilmesinde, ekim şekline ve yetiştirme zamanında gerekli takiplerde de YZ yardımcı olmaktadır. YZ birçok makine ve üretim endüstrisine ile geliştirilerek tarım sektöründe farklı alanlarda kullanılmaya başlandı (Javaid vd., 2023).

Tarımda Hangi Amaçlarla Kullanılabilir?

Tarımda yapay zekâ (YZ), çeşitli alanlarda önemli avantajlar sunarak tarımsal faaliyetlerin daha etkili ve sürdürülebilir hale gelmesine imkan sağlamaktadır. Bu teknoloji, tarım sektöründe hem ekonomik hem de ekolojik faydalar sağlayan hızlı ve uygun çözümler üretmektedir. YZ'nin tarımda kullanılabileceği temel alanlar şu şekilde özetlenebilir:

Verimlilik Artırma: YZ, bölge ve iklim şartlarına göre ekilecek tohum türlerini belirleme ve ürün verimini tahmin etme gibi kritik karar süreçlerini en uygun belirlemede önermede bulunur. Çeşitli çevresel faktörleri ve toprak özelliklerini analiz eden YZ tabanlı sistemler, hangi tür bitkilerin belirli koşullarda daha verimli olacağını önceden tahmin edebilir (Zhang vd., 2002). Bu yöntem çiftçilere zamandan tasarruf sağladığı gibi aynı zamanda ekonomik olarak da fayda sağlamaktadır.

Hastalık Tespiti: YZ, bitki hastalıklarını erken tespit edilmesinde ve müdahalede önemli avantaj sağlamaktadır. Görüntü tanıma teknolojisi ile entegre edilen YZ modelleri, bitkilerdeki renk ve doku üzerinde meydana gelen değişimleri tespit ederek hastalıkların ilerlemesini önleyebilir. Tarımda zararlı istilalarının yetiştirilen ürün verimliliğinde yıllık yaklaşık %30-33 bir oranda azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir (Kumar, vd, 2019). Bitkilerin hastalığının hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesi tarımsal verimin artırmak için kritik bir öneme sahiptir. Bitki hastalıklarının tespiti için kullanılan geleneksel yöntemler uzmanlık gerektirir ve zaman alıcıdır. Bu nedenle hastalıkların analizi ve tespiti için otomatik yaprak hastalığını tespit eden nesnelerin İnterneti (IoT) sensör metodolojileri ile birlikte YZ kullanılır (Jafar vd., 2024).

Kaynak Yönetimi: Sulama ve gübreleme işlemlerinin optimize edilmesi, YZ'nin tarıma sağladığı en önemli faydalardan biridir. YZ ile çalışan sistemler

sensörler aracılığı ile elde edilen verileri analiz ederek, sulamanın hangi zamanlarda ve ne miktarda olacağını hassas bir şekilde belirleyebilir. Böylece su ve gübre gibi değerli ve kıt olan kaynakların gereksiz kullanımı önlenmiş olur (Jones et al., 2017).

Hasat Zamanı Planlama: YZ, hava durumu verilerini ve bitki büyüme oranlarını analiz ederek ideal hasat zamanını belirleyebilir. Bu, hem verim kaybını azaltmaya hem de mahsul kalitesini artırma yönünden önemli bir avantaj sağlar. Drone ve sensör destekli teknolojilerin kullanıldığı sistemler bu alanda önemli çözümler üretmektedir (Pantazi vd., 2020). YZ ile çalışan robotlar ve dronlar çiftçilere ürün yetiştirmede ve ürünü hasatının yapılmasında yardımcı olur. Birçok üründe hasatın doğru zamanda yapılması ürün kayıplarının azalmasına yardımcı olacağından YZ çalışmaları bu alanda önemli katkı sağlamaktadır.

Zararlı Tespiti ve Kontrolü: YZ, tarımsal zararlıların erken tespiti ve kontrolü için güçlü bir araçtır. Hiperspektral görüntüleme ve makine öğrenimi algoritmaları, zararlı popülasyonlarının konumunu ve yoğunluğunu hassas bir şekilde belirleyebilir (Mahlein, 2016). Dünya Gıda ve Tarım Örgütü 2020 raporuna göre zararlıları her yıl küresel mahsul üretiminde %20-40 oranında kayba neden olmaktadır (FAO, 2020). Tarımsal üretimde zararlılarla mücadelede aşırı pestisit kullanımı ciddi sorunlara neden olmaktadır. YZ zararlı böceklerin bilgilerini modern bilgi ve iletişim teknolojisiyle entegre edilmiş (AI) tekniklerini kullanarak akıllı tarım uygulamalarında çiftçilere en iyi seçeneği sunar. YZ'nin temel kısmı makine öğrenimidir. YZ uygulamaları tarımsal entomoloji çalışmalarda, ekolojik çalışmalarda ve zararlı yönetiminde, tahmin ve tanımlama yaparak zamanında mücadeleye yardımcı olur (Raman vd., 2022).

Pazar ve Talep Analizi: YZ, çiftçilere ve tarım işletmelerine pazar şartlarını ve tüketici talebini analiz etmesini buna göre üretim yapma fırsatı sunar. Bu teknoloji tür ve miktar bazında ürün ekimini optimize etmeye olanak tanır ve çiftçilerin ekonomik faydasını artırır (Smith & Linden, 2017).

Bu alanlardaki uygulamalar, tarım sektöründe verimliliği artırmak ve maliyetleri azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir tarımsal üretimini de desteklemektedir. Taleplerin belirlenmesi ile kontrollü üretim yapılması üreticisinin tarımsal faaliyetten ekonomik açıdan katkı sağlamaktadır.

Tarımda Yapay Zekâ Kullanımına İlişkin Örnekler

Birçok akademik çalışma, yapay zekânın (YZ) tarımda etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmalar, YZ tabanlı sistemlerin tarımsal

faaliyetlerde verimliliği artırdığını ve kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağladığını ortaya koymaktadır. Zhang ve arkadaşlarının (2002) yaptığı bir çalışma, makine öğrenimi algoritmalarının bitki büyümelerini tahmin etmek ve optimum sulama düzeylerini belirlemek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu tür uygulamalar, su kaynaklarını koruma ve verimliliği artırma konusunda kritik önem taşımaktadır.

Benzer şekilde, drone destekli görüntüleme teknolojisi ile tarımsal zararlıların erken tespiti ve izlenmesi mümkün hale gelmiştir. Mahlein (2016), hiperspektral görüntüleme kullanarak bitki hastalıklarının tespiti konusunda %90'ın üzerinde başarı oranları elde eden YZ tabanlı sistemlerin etkinliğini ortaya koymuştur. Bu sistemler, pestisit kullanımının azaltılmasına ve çevresel etkilerin minimize edilmesine de katkı sağlamaktadır.

Yabancı ot tespitinde robotik yabancı ot temizliği hala zorlu bir problemdir. Yabancı ot ile ana ürünün oldukça hassas bir şekilde ayırt edilmesi gerekmektedir. Şeker pancarı ve yaygın yabancı otların benzerlikleri özel bir özellik tanımlamayı imkansız hale getirmektedir. Yapılan çalışmada bitkilerin her çeşidi için bir desen oluşturmak üzere birden fazla şekil entegre edilmeye çalışılmıştır. Yabancı otları desenlerine göre tespit etmede görme sistemini etkinleştirmek için destek vektör makinesi ve yapay sinir ağları kullanılmıştır. Şeker pancarı tarlalarındaki dört yaygın yabancı ot türü üzerinde çalışma yürütülmüştür. Yapılan çalışmanın sonuçları, YSA'nın genel sınıflandırma doğruluğunun %92,92 olduğu ve yabancı otların %92,50'sinin doğru şekilde sınıflandırıldığını göstermiştir. Sınıflandırıcı olarak SVM kullanıldığında genel doğruluk %95,00 iken yabancı otların %93,33'ünün doğru şekilde sınıflandırılmasıyla daha yüksek doğruluklar elde edilmiştir. Ayrıca şeker pancarı bitkilerinin %93,33'ü YSA, %96,67'si ise SVM ile doğru şekilde sınıflandırılmıştır (Bakhshipour & Jafari 2018).

Ayrıca, Pantazi, Moshou ve Bochtis (2020) tarafından yapılan bir çalışma, YZ'nin hasat zamanlaması ve bitki büyüklüğünün izlenmesi gibi alanlarda kullanılabileceğini göstermiştir. Drone tabanlı sistemler, görüntü verilerini analiz ederek çiftçilere kritik bilgiler sunmakta ve mahsul verimliliğini artırmaya yardımcı olmaktadır. Zamanında yapılan hasat ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır.

Bu örnekler, YZ'nin tarımda uygulama potansiyelinin ne kadar geniş olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmaların daha da yaygınlaşması ile elde edilen ürün miktarları artacak kaynakların doğru verimli kullanımı sağlanacaktır. Teknolojinin tarımsal faaliyetlere entegrasyonu, hem ekonomik hem de ekolojik faydalar sağlayarak gelecekte daha yaygın hale gelecektir.

Tarımsal Sulamada Yapay Zekânın Kullanım Alanları

Sulama, tarımsal faaliyetlerde hem verimlilik hem de sürdürülebilirlik açısından en kritik alanların başında gelmektedir. Yapay zekâ (YZ), sulama süreçlerini daha verimli hale getirerek su kaynaklarının korunmasına ve tarımsal üretimin artırılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bu teknoloji, toprak nem sensörlerinden, uydu görüntüleme sistemlerinden ve iklim verilerinden elde edilen büyük miktarda veriyi analiz ederek optimum sulama zamanlarını ve miktarını belirleyebilmektedir. YZ ile yapılacak sulama performansları değerlendirmeleri gelecekteki karar alıcılar açısından son derece değerli ve önemlidir.

Akıllı sulama sistemleri, YZ tabanlı algoritmalarla çalışarak toprak nemi, hava durumu ve bitki türü gibi faktörleri değerlendirir. Bu sistemler, sensörlerden gelen verileri analiz ederek bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarını tam zamanında ve yeteri miktarda sağlayabilmektedir. Jones ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, YZ destekli sulama sistemlerinin geleneksel yöntemlere göre su tasarrufunda %30'a varan bir artış sağladığını göstermiştir. Bu tür uygulamalar, hem su israfını önler hem de bitki sağlığını koruyarak verimliliği artırır.

Dünya nüfusunun hızla artması gıda ihtiyacının da hızla arttırmaktadır. Çiftçilerin kullandığı geleneksel yöntemler artan talebi karşılamada yeterli olmamaktadır. Tarımda uyumlu otomasyonların kullanımı elde edilen kazancı artırdığı ve toprağın verimini güçlendirdiği kanıtlanmıştır (Jha vd., 2019).

Uydu görüntüleme teknolojisi, tarımsal alanlarda sulama verimliliğini artırmak için YZ ile entegre bir şekilde kullanılmaktadır. YZ tabanlı uydu görüntüleme sistemleri, sulama alanlarındaki su kaçaklarını, drenaj sorunlarını veya verimsizlikleri tespit etmek için etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Imran, Adeel ve Khan (2021) tarafından yapılan bir incelemede, bu tür teknolojilerin geniş ölçekli tarımsal alanlarda sulama yönetimini optimize ettiğini ortaya koymuştur. Bu sistemler, özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde kritik bir rol oynamaktadır. Az su kaynağı ile geniş alanların sulanmasında kolaylıklar sağlamaktadır.

Sulama sistemlerinin iyileştirilmesi su kullanım verimliliği açısından son derece önem arz etmektedir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde arasında Hedef 6 ve Hedef 6.4'de açıkça vurgulanmıştır. Otomatik sulama sistemleri su kullanımı en aza indirmek ve su kaynaklarının korunması için hayati bir öneme sahiptir. Bunu sağlamakta IoT ve otomasyonların kullanımı ile ilişkilidir. Duyusal sistemlerin kullanımı ile verimli su yönetimi, etkili toprak ve hava durumu izlemesi yapılabilir (Obaideen vd., 2022)

YZ, hava durumu tahminleri ve iklim değişikliklerine dayalı olarak sulama planlamasını optimize edebilir. Bu sistemler, uzun vadeli iklim değişikliklerini

analiz ederek tarım işletmelerine gelecekteki su ihtiyaçlarının hesaplanmasında ve planlanmasında yardımcı yardımcı olabilir. Pantazi, Moshou ve Bochtis (2020), YZ'nin bu tür tahmin yeteneklerinin, tarım işletmelerine esneklik kazandırdığını ve sürdürülebilir su yönetimini desteklediğini belirtmiştir.

Çalışmalar incelendiğinde YZ'nin sulama süreçlerindeki kullanımının ne kadar geniş ve etkili olduğunu göstermektedir. Akıllı sulama sistemlerinden uydu görüntüleme teknolojilerine kadar uzanan bu uygulamalar, hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlayarak tarım sektörünün geleceği için büyük bir kolaylık sunmaktadır. Kaynakların doğru ve verimli kullanımının planlanması için yeni önermeler sağlamaktadır.

Tarımsal Amaçla Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Öneriler

Yapay zekâ (YZ), tarım sektöründe önemli bir dönüşüm sağlanmasına imkan sağlayabilmektedir. Ancak, bu teknolojinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için belirli stratejiler ve çalışmaların yapılması gerekmektedir. Aşağıda, tarımsal amaçla YZ kullanımını artırmaya yönelik detaylı öneriler sunulmaktadır:

1. Çiftçiler ve Tarım Sektörü Çalışanları için Yapay Zekâ Eğitimleri: Tarım sektöründe YZ'nin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için çiftçiler ve sektörde çalışan diğer bireylerin bu teknolojiyi anlama, öğrenme ve uygulama becerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, YZ'nin temel prensiplerini ve uygulama alanlarını içeren eğitim programları düzenlenmelidir. Örneğin, sensör tabanlı sulama sistemlerinin nasıl çalıştığını ve bu sistemlerden elde edilen verilerin nasıl yorumlanacağını öğreten eğitimler düzenlenebilir. YZ' nin ne tür katkıları sağladığı uygulamalı olarak gösterilmelidir.

Bu tür eğitimler, hem teknolojinin benimsenmesini hızlandırırken hem de kullanıcıların YZ tabanlı sistemlerden maksimum fayda sağlamasına olanak sağlayacaktır.

2. Yerel Hava ve Toprak Koşullarına Uygun Algoritmalar Geliştirilmesi: Tarımda kullanılacak YZ algoritmalarının, bölgesel farklılıkları göz önünde bulunduracak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Her bölgenin kendine özgü hava koşulları, toprak özellikleri ve bitki örtüsü bulunur. Dolayısıyla, genel amaçlı algoritmalar yerine, yerel koşullara uygun özel algoritmalar geliştirilmelidir. Örneğin, kuraklık riski yüksek bölgelerde su yönetimini optimize eden algoritmalar geliştirilebilir. Bu tür özelleştirilmiş yaklaşımlar, YZ'nin tarımsal uygulamadaki etkinliğini artıracaktır.

3. Kapsamlı Veri Altyapısının Kurulması: YZ tabanlı tarım uygulamalarının başarısı, kaliteli ve kapsamlı verilere dayanmaktadır. Tüm teknolojik çalışmalar elde edilen veriler üzerinden yapılmaktadır. Bu nedenle, tarımsal verilerin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesi için güçlü bir veri altyapısı oluşturulmalıdır. Sensörler, dronlar, uydu görüntüleme ve diğer teknolojiler kullanılarak tarımsal alanlardan düzenli veri toplama mekanizmaları kurulabilir. Bunun yanı sıra, bu verilerin paylaşımını ve analizini kolaylaştıracak bulut tabanlı platformlar geliştirilebilir. Verilerin güvenliği ve gizliliği de göz önünde bulundurularak etkili veri yönetim sistemleri tasarlanmalıdır.

4. Çiftçi-Teknoloji İş Birliklerinin Teşvik Edilmesi: Tarım sektöründe faaliyet gösteren çiftçiler ile teknoloji şirketleri arasında iş birliği teşvik edilmelidir. Üretimde çiftçilerin tecrübe ve bilgisi, teknolojiye yeniye entegre edilerek ihtiyaçlara yönelik yenilikçi üretimler yapılmalıdır. Bu iş birlikleri, teknolojinin sahada test edilmesi ve çiftçilerin geri bildirimlerine göre iyileştirilmesi açısından önemlidir. Ayrıca, kamu ve özel sektör tarafından sağlanacak teşviklerle, küçük ölçekli çiftçilerin de bu teknolojilere erişimi kolaylaştırılabilir.

5. Tarımsal Yapay Zekâ Araştırma Merkezlerinin Kurulması: Yapay zekâ tabanlı tarım uygulamalarının geliştirilmesi için özel araştırma merkezleri kurulmalıdır. Bu merkezler, akademisyenler, teknoloji uzmanları ve tarım profesyonellerinin bir araya gelerek yenilikçi çözümler üretmesini sağlayabilir. Bu merkezlerde yerel sorunlara odaklanan projeler geliştirilerek tarım sektörüne özgü çözümler sunulabilir. Dar kapsamda denemeler yapılarak sonuç üzerinden benzer özellikteki geniş alanlarda uygulama yapılabilir.

6. Çevresel ve Ekonomik Etkilerin Değerlendirilmesi: YZ tabanlı uygulamaların çevresel ve ekonomik etkilerini değerlendiren çalışmalar yapılmalıdır. Bu sayede, uygulamaların uzun vadeli faydaları ve olası riskleri daha iyi anlaşılabilir. Örneğin, akıllı sulama sistemlerinin su tasarrufu üzerindeki etkileri ya da pestisit kullanımının azaltılmasına yönelik sonuçlar incelenebilir. Böylece aradaki fark ortaya konarak kullanımının teşvik edilmesi sağlanabilir.

Bu öneriler, tarımsal amaçla YZ kullanımının yaygınlaşmasını ve etkinliğini artırmayı hedeflemektedir. Teknolojinin doğru bir şekilde benimsenmesi, hem üreticilere hem de çevreye önemli faydalar sağlayacaktır.

Tarımsal Amaçla Yapay Zekâ Kullanmanın Riskleri ve Önlemler

Yapay zekâ (YZ) tarım sektöründe büyük imkanlar sunmaktadır. Sunduğu fırsatlar yanında bazı riskleri de barındırmaktadır. Bu risklere yönelik alınması ge-

reken önlemleri de beraberinde getirmektedir. YZ'nin tarımsal üretim uygulamalarında sorunsuz bir şekilde kullanılabilmesi için olabilecek risklerin özenle değerlendirilmelidir. Olası bu risklere karşı önleyici strateji ve çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

YZ'nin tarımsal amaçlı kullanımına ilişkin başlıca riskler ve bu risklere yönelik önerilen çözümler detaylı bir şekilde ele alınmıştır:

1. Veri Gizliliği ve Güvenliği: YZ sistemleri, tarımsal verileri toplamak ve işlemek için büyük miktarda veri kullanır. Bu veriler, toprak özelliklerinden bitki büyüme oranlarına, hava koşullarından pazar talep analizlerine kadar geniş bir veri setini kapsamaktadır. Ancak, bu tür hassas bilgilerin kötüye kullanılması veya siber saldırılarla ele geçirilmesi riski bulunmaktadır. Bu risklerin önlenmesi için veri güvenliği protokollerinin uygulanması ve tarımsal veri yönetimi için sağlam bir altyapı oluşturulması gerekmektedir. Veri şifreleme teknikleri ve düzenli güvenlik denetimleri bu tür tehditlere karşı etkili çözümler getirebilir. Ayrıca, çiftçilerin ve tarım işletmelerinin verilerinin gizliliğini korumak için açık ve şeffaf bir veri paylaşım yöntemi benimsenmelidir.

2. Teknolojiye Aşırı Bağımlılık: YZ teknolojilerine aşırı bağımlılık, tarımsal faaliyetlerin teknolojik bir arıza veya sistem hatası durumunda aksamasına neden olabilir. Örneğin, bir sensör sistemindeki teknik bir hata, sulama programlarının yanlış uygulanmasına yol açabilir. Bu da ekonomik açıdan zararlara sebep olabilir. Bu tür durumlara karşı, manuel alternatiflerin ve geleneksel tarım yöntemlerinin yedekte tutulması önem arz etmektedir. Ayrıca, çiftçilerin teknolojiyi etkili bir şekilde öğrenmeleri ve kullanabilmeleri için yeterli eğitimler verilmelidir. Çiftçilerin karşılaştıkları basit sorunları dış bir etkene ihtiyaç duymadan çözebilme yeteneği kazandırılmalıdır. Bu acil durumlarda geçici çözümler üretebilme kapasitelerini geliştirecektir.

3. Yüksek Maliyet: YZ tabanlı tarımda kullanılan teknolojik ürünlerin maliyetleri, özellikle küçük ölçekli çiftçiler için önemli bir engel teşkil edebilir. Bu maliyetler, sensörler, yazılımlar, dronlar ve diğer teknolojik ekipmanları içermektedir. Bu sorunun aşılabilmesi için kamu kurumları ve kuruluşları tarafından teşvik ve hibe destekleri sağlanabilir. YZ teknolojilerinin alınması veya kiralınmasına yönelik çiftçilere hibe destekleri veya kredi imkanları erişimi kolaylaştıracaktır.

4. Veri Kalitesindeki Sorunlar: YZ sistemlerinin başarısı, doğrudan kullanılan verilerin doğruluğuna ve kalitesine bağlıdır. Yanlış veya eksik veriler, YZ modellerinin yanlış tahminler yapmasına ve çiftçilerin yanlış kararlar almasına sebep olabilir. Bu riski azaltmak için sensörlerin düzenli bakımının yapılması ve veri

toplama süreçlerinin sürekli izlenmesi gereklidir. Elde edilen verilerin belirli zamanlarda sağlaması yapılarak doğruluğu ve güvenilirliği teyit edilmelidir. Ayrıca YZ modellerinin doğruluğunu artırmak için büyük ve çeşitli veri setlerinin kullanılması sonuç açısından önerilmektedir.

5. Çevresel Etkiler: Her ne kadar YZ çevre dostu tarım uygulamalarını desteklese de yanlış kullanıldığında çevresel sorunlar yaratabilir. Örneğin, yanlış optimize edilen bir sulama algoritması, su kaynaklarının gereksiz tüketilmesine neden olabilir. Bu tür riskleri önlemek için, YZ algoritmalarının yerel çevresel koşullara uygun şekilde tasarlanması ve düzenli olarak güncellenmesi gerekmektedir.

Bu riskler ve önerilen önlemler, YZ'nin tarımsal faaliyetlerde güvenli ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamak için dikkate alınmalıdır. Teknolojinin sağladığı fırsatları maksimize ederken, olası olumsuz etkileri en aza indirmek için kapsamlı bir planlama ve sürekli izleme gereklidir.

Sonuç

Yapay zekâ (YZ), tarımsal üretim ve tarım sektörü için devrim niteliğinde imkanlar sunan bir teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır. Tarımsal üretimde topraktan alınan verimliliğin artırılması, doğal kaynakların daha verimli kullanılması ve çevresel etkilerin minimize edilmesi gibi temel hedeflere ulaşmak için YZ tabanlı çözümler önemli bir rol oynamaktadır. Sensörler, dronlar ve uydu teknolojileriyle entegre edilen YZ algoritmaları, tarımsal üretimi daha sürdürülebilir ve verimli hale getirmektedir. Çiftçilerin iş yükünü azaltmakta ve karar alma süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır.

Sonuç olarak, yapay zekâ tarımda verimliliği artırmak, kaynak kullanımını minimize etmek ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için benzersiz bir araç olarak öne çıkmaktadır. Teknolojinin doğru stratejilerle uygulanması, yalnızca tarım sektörünün geleceğini şekillendirmekle kalmayacak, aynı zamanda küresel gıda güvenliği ve çevre koruma çabalarına da önemli katkılar sağlayacaktır. Bu nedenle, YZ'nin tarımdaki potansiyelinin daha geniş bir ölçekte değerlendirilmesi ve uygulanabilir çözümler sunulması, hem akademik hem de pratik anlamda büyük bir gerekliliktir.

Kaynakça

- Bakhshipour, A., & Jafari, A. (2018). Evaluation of support vector machine and artificial neural networks in weed detection using shape features. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 153-160.
- Baldi, P., Sadowski, P., & Whiteson, D. (2014). Searching for exotic particles in high-energy physics with deep learning. *Nature Communications*, 5, 4308. <https://doi.org/10.1038/ncomms5308>
- Charania, I.; LI, X. Smart farming: Agriculture's shift from a labor intensive to technology native industry. *Internet of Things*, v. 9, p. 100142, 2020
- Chen CJ, Huang YY, Li YS, Chang CY, Huang YM. An AIoT based smart agricultural system for pests detection; 2020. *IEEE Access*. 8: 180750-180761.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278.
- Çakmakçı, M. F., & Cakmakci, R. (2023). Uzaktan Algılama, Yapay Zeka ve Geleceğin Akıllı Tarım Teknolojisi Trendleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (52), 234-246.
- Dehouche, N. (2021). Harnessing the power of AI in education: ChatGPT as an intelligent tutoring system. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 31(3), 456-469.
- Eli-Chukwu, N. C. (2019). Applications of artificial intelligence in agriculture: A review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(4).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. New standards to curb the global spread of plant pests and diseases; 2020
- Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., ... & Webster, D. R. (2016). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*, 316(22), 2402–2410. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>
- Imran, M., Adeel, A., & Khan, S. (2021). Satellite imagery and artificial intelligence for agricultural monitoring: A comprehensive review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100600. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100600>
- Jafar, A., Bibi, N., Naqvi, R. A., Sadeghi-Niaraki, A., & Jeong, D. (2024). Revolutionizing agriculture with artificial intelligence: plant disease detection methods, applications, and their limitations. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1356260.
- Javaid, M., Haleem, A., Khan, I. H., & Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochem*, 2(1), 15-30.

- Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1-12.
- Jones, H. G., Serraj, R., Loveys, B. R., Xiong, L., & Wheaton, A. (2017). Modern techniques for enhancing crop yield: Applications of sensor technology and artificial intelligence. *Trends in Plant Science*, 22(7), 550–561. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.03.003>
- Kasneci, E., Kasneci, G., Stede, M., ve Naumann, F. (2023). ChatGPT’s role in automated text analysis: Strengths, limitations, and future directions. *Computational Linguistics*, 49(1), 99-117.
- Kumar, A., Sarkar, S., Pradhan, C. (2019). “Recommendation system for crop identification and pest control technique in agriculture,” in 2019 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), Chennai, India, 0185–0189. doi: 10.1109/ICCSP.2019.8698099
- Liang, H., Li, X., Xiao, D., Liu, J., Zhou, Y., Wang, A., ve Li, J. (2023). Generative pre-trained transformer-based reinforcement learning for testing web application firewalls. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 21(1), 309-324. <https://doi.org/10.1109/TDSC.2022.3158419>
- Lu, Y.; Young, S. A survey of public datasets for computer vision tasks in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 178, p. 105-760, 2020
- Mahlein, A. K. (2016). Plant disease detection by imaging sensors—parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100(2), 241–251. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE>
- Megeto, G. A. S., Silva, A. G. D., Bulgarelli, R. F., Bublitz, C. F., Valente, A. C., & Costa, D. A. G. D. (2020). *Artificial intelligence applications in the agriculture 4.0. Revista Ciência Agronômica*, 51(spe), e20207701.
- McCarthy, J. (2007). What is artificial intelligence? Stanford University. <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>
- Obaideen, K., Yousef, B. A. A., AlMallahi, M. N., Tan, Y. C., Mahmoud, M., Jaber, H., & Ramadan, M. (2022). *An overview of smart irrigation systems using IoT. Energy Nexus*, 7, 100124.
- Pantazi, X. E., Moshou, D., & Bochtis, D. (2020). Precision agriculture robotics for crop farming. *Current Robotics Reports*, 1(2), 111–117.
- Patrício, D. I., & Rieder, R. (2018). Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and electronics in agriculture*, 153, 69-81.
- Rahman, S. M., & Ravi, G. (2022). Role of artificial intelligence in pest management. *Current Topics in Agricultural Sciences Vol*, 7, 64-81.

- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed.). Pearson Education.
- Sharma, R. (2021, May). *Artificial intelligence in agriculture: a review*. In *2021 5th international conference on intelligent computing and control systems (ICICCS)* (pp. 937-942). IEEE.
- Smith, B., & Linden, G. (2017). Two decades of recommender systems at Amazon.com. *IEEE Internet Computing*, 21(3), 12–18. <https://doi.org/10.1109/MIC.2017.72>
- Vaswani, A. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*.
- Zha, J. (2020, December). Artificial intelligence in agriculture. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1693, No. 1, p. 012058). IOP Publishing.
- Zhang, Q., Wang, N., & Wang, M. (2002). Precision agriculture—A worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2–3), 113–132.



BÖLÜM 16

Mısır Bitkisine Uygulanan Bazı Organik Materyaller

Ayşe Gülgün Öktem¹ & Abdullah Öktem²

¹ Doç. Dr., 1: Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa/TÜRKİYE, ORCID:0000-0002-7669-5801

² Prof. Dr., 1: Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa/TÜRKİYE, ORCID:0000-0001-5247-7044

GİRİŞ

Mısır çok değişik kullanım alanlarına sahip bir bitkidir. Doğrudan insan beslenmesinde kullanılabildiği gibi işlenmiş olarak çeşitli alanlarda da yaygın bir şekilde kullanılabilmektedir. Yine hayvan beslenmesinde doğrudan veya dolaylı yoldan kullanılmaktadır.

Ülkemizde yaklaşık 958 071 dekar alanda mısır ekilmekte, 900 00 00 ton üretim elde edilmektedir, verim ise yaklaşık 940 kg/da civarındadır (TÜİK, 2023). Mısır C4 bitkisi olması nedeniyle güneş enerjisini en iyi kullanan, birim alandan en yüksek verim elde edilen tahıllardan birisidir. Ülkemizde de önemli bir yere sahip olan mısırın veriminin artırılması gerekmektedir. Ancak bu verim artışını sağlayabilmek için fazla miktarda inorganik gübre kullanılmaktadır.

Günümüzde tarım alanları sınırlı seviyededir, dolayısıyla birim alandan yüksek verim almak zorunlu olmuştur. Ancak birim alandan yüksek verim almak için inorganik gübrelerin kullanımı artmış, bunun sonucunda da gerek hava, gerek su, gerekse toprak kirliliği gibi sorunlar yaşanmaya başlamıştır. Çevreye ve insan sağlığına yönelik bu olumsuzlukları göz önüne aldığımızda sürdürülebilir bir tarım ve gelecek için topraklarımızın korunması zorunludur. Kimyasal gübrelerin ekosisteme ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri önlemek için organik gübre kullanımı ön plana çıkmaktadır. Çünkü organik gübreler toprakların besin ve su tutma kapasitesine olumlu etki eder, azot, fosfor gibi makro ve Fe, Zn gibi mikro elementlerin bitkiler tarafından alınımı kolaylaştırır.

Ayrıca toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerinin artmasına yardımcı olur. Organik gübre kullanımı, bitkiler için uygun ortamı sağlamanın yanı sıra, topraktaki alınamaz haldeki bitki besin maddelerinin bitkiye alınmasına da yardım eder (Avcıoğlu, 2009). Toprağın kimyasal, biyolojik ve fiziksel özelliklerine olumlu etki eder.

Türkiye’de toprakların yaklaşık %75’den fazla kısmında organik madde miktarı ve azot kapsamı çok az veya az olarak belirtilmiştir. Yine, yeterli veya organik madde miktarı fazlalığı ise % 6 olarak açıklanmıştır. Yani, topraklarımızın genel olarak organik maddece yetersiz olduğu sonucu çıkmaktadır. Bu nedenle gerek organik madde yetersizliğini gidermek, gerekse topraklarımızın sürdürülebilirliği için organik gübre uygulamaları kaçınılmazdır. Bu bölümde organik materyallerden, solucan gübresi, ahır gübresi, yarasa gübresi, humik asit uygulamaları hakkında bilgiler verilecektir.

SOLUCAN GÜBRESİ (VERMİKOMPOST)

Son zamanlarda en yaygın olarak kullanılan ve bilinirliği artan organik gübrelere birisi vermikompost olarak da bilinen solucan gübresidir. Amerika başta olmak üzere, pek çok Avrupa ülkesinde de kullanılmaktadır. Bu gübrelerin oluşumunda 3000 solucan türünden kırmızı Kalifornia solucanı *Lumbricus rubellis* ve *Eisenia foetide* dikkat çekmektedir (Karacal ve Tüfenkçi, 2010). Topraktaki solucanlar toprak içinde galeriler açarak toprağın havalanmasına yardımcı olur, toprağın su tutma kapasitesini artırır. Solucan gübresinin başlıca besin kaynağı çiftlik gübresidir. Beslenerek, çoğalarak ve topraktaki mineralleri çözerek ortama bırakırlar. Bıraktıkları artıkların içerisinde simbiyotik, asimbiyotik mikroorganizmalar yanında azot bağlayan bakteriler ve mikoriza mantarları da bulunmaktadır (Demir ve ark., 2010).

Solucan gübresi içerisinde bulunan yararlı mikroorganizmalar bitkinin kök bölgesindeki rizosfere farklı antibiyotik, enzim ve fitohormonlar salgılamaktadır (Maltaş ve ark., 2017). Solucan gübresinin bir diğer avantajı ise içerisinde yabancı ot tohumu bulundurmaması, toprak pH'sını düzenlemesi, toprak yapısını iyileştirmesi, tamamen doğal olduğu için bitkilerde tosisite yapmaması olarak sıralanabilir.

Öktem ve ark. (2018), inorganik gübrelere ek olarak verilen solucan gübresinin sürdürülebilir tarım için önemli olduğunu belirtmişler ve mısır bitkisinde solucan gübresi uygulamasıyla kalite ve verimde artışlar elde ettiklerini açıklamışlardır.

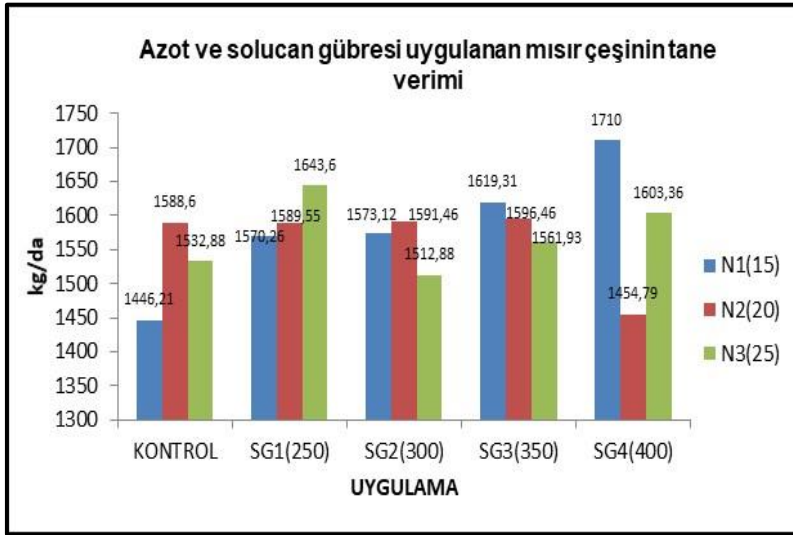
Özel ve Öktem (2020), Şanlıurfa koşullarında mısır bitkisine ekim öncesi çeşitli dozlarda (0, 250, 500, 750, 1000, 1250 ve 1500 kg/da) solucan gübresi uygulamışlar bitki boyu, bitkide yaprak sayısı, bin tane ağırlığı, tane verimi protein oranı, tek koçan ağırlığı değerlerinin istatistiki olarak önemli bulunduğunu belirtmişlerdir. En yüksek tane verimini ise 750 kg/da solucan gübresi uygulamasından elde ettiklerini bildirmişlerdir (Tablo 1).

Tablo 1. Değişik miktarlardaki solucan gübresinin mısırdaki protein oranı ve tane verimine ait ortalamalar ve oluşan gruplar

Solucan Gübresi Miktarları (kg da ⁻¹)	Protein Oranı (%)**	Tane Verimi (kg da ⁻¹)**
Kontrol	7.38 c	1193.11 b
250 kg da ⁻¹	7.40 c	1341.28 b
500 kg da ⁻¹	7.48 bc	1375.66 a b
750 kg da ⁻¹	7.74 ab	1561.26 a
1000 kg da ⁻¹	7.74 ab	1560.10 a
1250 kg da ⁻¹	7.75 ab	1560.45 a
1500 kg da ⁻¹	8.00 a	1560.90 a
LSD	3.01	39.1
Ortalama	7.64	1450.39

Kaynak: Özel ve Öktem (2020)

Şanlıurfa koşullarında yürütülen bir diğer çalışmada ise (Şekil 1) 15, 20 ve 25 kg/da azot dozları ile birlikte 250, 300, 350 ve 400 kg/da solucan gübresi uygulanmış, en yüksek tane verimi 15 kg/da azot ve 400 kg/da solucan gübresi uygulamasından elde edilmiştir (Yahlizade, 2021).



Şekil 1. Farklı azot ve solucan gübresi dozlarının mısırdaki tane verimine etkisi (Yahlizade, 2021).

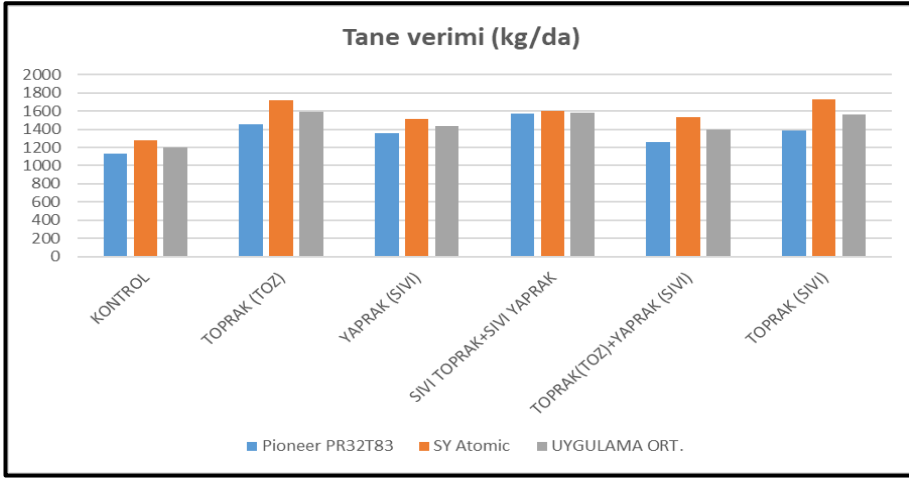
YARASA GÜBRESİ

Organik gübrelerden birisi olan yarasa gübresi, toprağı mikro ve makro elementlerce zenginleştirmekte, bitkiler için yararlı azot ve fosfor alımını kolaylaştırmaktadır.

Yarasa gübresini diğer organik gübre kaynaklarından farklı bir kategoride değerlendirmek mümkündür. Diğer çiftlik gübreleri (inek, tavuk, koyun vb.) ne kadar doğal olsa da kullandıkları yemler kimyasal gübrelerin kullanıldığı tarımdan elde edilmiştir. Oysa yarasalar doğal ortamdaki böcek ve meyveleri yiyerek beslendikleri için bu gübre tamamen doğal bir yapıdadır. Doğadan toplanan yarasa gübresi teknolojik ve kontrollü ortamlarda sterilize edilip, öğütülür. Mikser ve homojenitör ile nano boyutlarda sıvı yarasa gübresi de elde edilebilmektedir (Anonim, 2020).

Yarasa gübresinin azot ve fosfor içermesi, organik madde içeriğinin yüksek oluşu, ayrıca bitki tarafından hızlı bir şekilde alınabilirliği nedeniyle verim artışı sağlanabilmektedir (Karagöz, 2014). Yarasa gübresinin toprağın su tutma kapasitesini artırdığı, havalanmayı olumlu etkilediği, pH seviyesini düzenlediği bilinmektedir. Yarasa gübresi, toprağı makro ve mikro elementler bakımından zenginleştirmektedir. Ayrıca topraktaki mikrobiyal aktiviteyi etkin hale getirerek özellikle toprağın ısınmasına yardımcı olmaktadır.

Şanlıurfa koşullarında yürütülen bir çalışmada iki farklı mısır çeşidine farklı doz ve farklı uygulamalar ile yapılmış bir çalışmada en yüksek tane veriminin inorganik gübrelerle ek olarak topraktan toz (50 kg/da) olarak verilen ve yine topraktan sıvı (1 l/da) + yapraktan sıvı (1500 cc/da) uygulanan parsellerden alındığı belirtilmiştir. Ayrıca tek koçan ağırlığı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, koçanda tane sayısı gibi parametrelerde de olumlu etkide bulunduğu açıklanmıştır (Ay, 2021).



Şekil 2. Şanlıurfa koşullarında yarasa gübresi uygulamalarının tane verimine etkisi (Ay, 2021).

Ridine ve ark (2014), mısır bitkisine %50 NPK ile birlikte %50 yarasa gübresi uygulamasından en yüksek tane verimi sonucunu aldıklarını bildirmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada ise yarasa gübresinin verimi %35 oranında artırdığı belirtilmiştir (Karagöz ve ark., 2020).

HUMİK ASİT

Bilindiği gibi, topraktaki organik maddenin temel kaynağı humustur. Humus, bitki artıklarının toprak altında uzun süre beklemesiyle oluşmaktadır. Günümüzde artan inorganik gübre kullanımı sebebiyle topraklarda humus hızla tükenmeye başlamıştır. Toprağın 10 ile 30 cm aralığında bulunan humus ince bir tabaka halindedir ve gübrelerin alımını kolaylaştırmaktadır. Humus içerisinde bulunan bileşiklerin büyük bir bölümünü ise humik asitler oluşturmaktadır.

Humik asitler topraktan besin maddesi, vitamin ve iz elementi alımına katkı yapmaktadır. Son zamanlarda toprakların organik madde içeriğini arttırmak, verim ve kaliteyi yükseltmek için kullanılan materyallerden birisi olarak önem kazanmıştır (Öktem ve ark.,2017a).

Humik asit en fazla leonarditin içerisinde bulunmakta olup, bu oran %40-90 arasında değişmektedir. Hümk maddeler fitohormon benzeri maddeler sayesinde bitki gelişimine olumlu etkilerde bulunmaktadırlar (Çimrin ve ark., 2001).

Erdal ve ark. (2000), mısır bitkisine farklı miktarlarda humik asit (0, 250, 500 mg/kg) uygulamışlar, humik asit uygulamalarının bitki kuru ağırlığının artışının yanı sıra Fe, Zn ve Mn miktarlarının alımını artırdığını bildirmişlerdir. Öktem ve

ark. (2015) mısır bitkisine yaprakdan uyguladıkları %0.7 humik asit uygulamasından verim ve verim unsurlarına olumlu etkide bulunduğunu, kontrole göre daha yüksek tane verimi aldıklarını bildirmişlerdir.

Öktem ve ark. (2017b), Şanlıurfa koşullarında yürüttükleri bir çalışmada farklı humik asit dozlarını (0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 ve 1200 ml/da HA) ekim öncesi toprağa uygulamışlardır. Bitkideki yaprak sayısında artış olduğunu, koçanda tane ağırlığı, bin tane ağırlığı ve tane veriminin kontrol uygulamasından 700 ml/da humik asit uygulamasına kadar arttığını bildirmişlerdir. Çimrin ve ark. (2001), olumsuz koşullar altındaki topraklara N, P ve K gübrelemesi yapılırken ek olarak verilecek humik asitin verim ve kaliteyi artıracağını belirtmişlerdir.

AHIR GÜBRESİ

Ahır gübresi, sığır, keçi, koyun, tavuk, at gibi hayvanların dışkılarının sıvı ve katı kısımlarından oluşmakta, organik madde ve organik artıklardan meydana gelmektedir. Toprağı hem organik maddece zenginleştirmekte, hem de mikroorganizma faaliyetini artırıcı özelliğe sahiptir. Ahır gübresinin kullanılabilir olması için olgunlaştırılması gerekmektedir. Ancak ahır gübresinin içeriği hayvanın yaşı, ırkı, yaşam ortamı, beslenme durumu hatta mevsimlere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Tablo 2’de bazı hayvansal gübrelerin kimyasal değerleri verilmiştir. Tablo 2.’den de görüldüğü gibi, en yüksek su miktarına sığır gübresi, en yüksek kuru madde miktarına ise güvercin ve tavuk gübresi sahiptir. N, K₂O, P₂O₅ ve CaO ise en yüksek tavuk/güvercin gübresinde bulunmuştur (Sezen, 1984).

Tablo 2. Bazı hayvansal gübrelerin kimyasal değerleri

Gübre cinsi	H ₂ O (%)	Kuru Madde (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O	CaO
Sığır	83.2	16.2	0.29	0.17	0.10	0.34
Koyun	65.5	34.8	0.55	0.31	0.15	0.46
Güvercin/Tavuk	62.0	38.0	1.70	1.60	0.90	2.00
At	75.7	24.3	0.44	0.35	0.35	0.15

Kaynak: Sezen (1984).

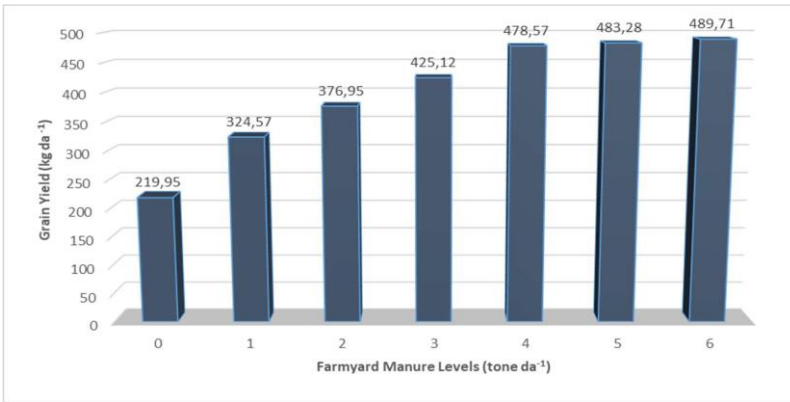
En çok bilinen ahır gübrelerinden birisi de koyun gübresidir. Besin maddesi ve organik madde içeriği bakımından zengin bir gübredir. Şekil 3’te koyun gübresinin mısırın ilk gelişme dönemindeki etkisi görülmektedir. Kontrol, 100, 200, 300 g/saksı koyun gübresi uygulamasında mısır bitkisinin ilk gelişme döneminde kontrole göre tüm uygulamalar daha olumlu etkide bulunmuştur.



Şekil 3. Değişik miktarlarda koyun gübresinin mısırın ilk gelişimine etkisi.

Cihangir ve Öktem (2016), Diyarbakır koşullarında 16 farklı organik besin kaynağının cin mısırdaki tane verimine etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada verim, kalite net ekonomik karlılık bakımından at gübresi, tavuk gübresi, kompost, sığır gübresi, koyun gübresi ve humik asit uygulamalarının organik tarımda kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Öktem ve Öktem (2020), Şanlıurfa koşullarında cin mısıra farklı dozlarda ahır gübresi (kontrol, 1 ton/da, 2 ton/da, 3 ton/da, 4 ton/da, 5 ton/da ve 6 ton/da) uygulamışlardır. Bitki boyu, sap kalınlığı, patlama hacmi ve protein oranının ahır gübresi uygulamalarıyla olumlu etkilendiğini ve en uygun ahır gübresi dozunun 4 ton/da olduğunu açıklamışlardır (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı miktarlarda ahır gübresi uygulamalarının cin mısırdaki tane verimine etkisi (Öktem ve Öktem, 2020)

Mısır bitkisinde kullanılan diğerk bir organik gübre ise tavuk gübresidir. Bu konuda yapılmış olan çalışmalarda özellikle tavuk gübresinin verimde önemli bir artışa neden olduğu bildirilmiştir (Fayetrbay ve ark., 2014; şeker ve Turhan, 2006). Tavuk gübresinin içeriğinde bulunan potasyumun %75, azotun %65 ve fosforun %50’lik kısmından bitki ilk yılda yararlanabilmektedir (Aydeniz ve Brohi, 1991).



şekil 5. Hasata gelmiş mısır koçanları

Tavuklar tükettikleri besinlerin büyük bir kısmın dışkı yolu ile atarlar. Bu yüzden, gübre olarak kullanılan tavuk dışkısı yüksek miktarda bitki besin elementi içermektedir. Makro elementlerin yanı sıra magnezyum, çinko, bakır, kalsiyum gibi iz elementleri de içermektedir. Ancak, bu besin elementlerinin miktarı hayvanın bakım şartları, yaşı, beslenme durumu gibi özelliklere göre farklılık gösterebilmektedir.



şekil 5. Tavuk gübresini uygulanmış deneme alanından bir görünüm (Ekinci, 2022).

Ekinci ve Öktem (2024), Şanlıurfa koşullarında azot dozları (10 kg /da, 20 kg/da ve 30 kg/da N) ve tavuk gübresi (0, 100 kg/da, 150 kg/da, 200 kg/da ve 250 kg/da tavuk gübresi) uygulamalarından elde ettikleri sonuçlara göre koçan, kalite ve tane özelliklerine tavuk gübresinin olumlu etkide bulunduğunu açıklamışlardır.

Tavuk gübresinin mısır bitkisinin ilk gelişim dönemindeki etkisi incelendiğinde, (kontrol, 100, 200 ve 300 g/saksı tavuk gübresi) belirli bir doza kadar bitki gelişimine olumlu etkide bulunmuştur (Şekil 6). 100 ve 200 g /saksı dozunda bitki gelişiminin daha iyi olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6. Değişik dozlarda uygulanan tavuk gübresinin mısırın ilk gelişimine etkisi

SONUÇ

Yarasa gübresi, humik asit, çiftlik gübresi, solucan gübresi gibi uygulamalarla toprağın organik madde içeriği artırılabilceği gibi, mısırdaki verim ve kalite parametrelerinde de artış sağlamaktadırlar. Ayrıca, organik materyaller toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirmekte, bitkilerin besin elementlerini alımına da etki etmektedir. Topraklarımızın sürdürülebilirliği için topraklardaki organik madde miktarının artırılması gerekmektedir. Organik kaynaklı materyallerin kullanılması teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2020 <https://www.turkuvazgubre.com.tr>
- Avcıoğlu, R. (2009). *Yem Bitkileri - Genel Bölüm Cilt I*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- Aydeniz, A. ve Brohi, A.R. (1991). Gübreler ve Gübreleme. C. Ü. Ziraat Fak, Yay. No: 10, Ders Kitabı: 3, Tokat.
- Cihangir, H. ve Öktem, A. (2018). Bazı organik besin kaynaklarının cin mısırın (*Zea mays L. everta*) tane verimine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 60-71.
- Çimrin, K., Karaca, M.S., Bozkurt, M.A.(2001). Mısır bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine hümkik asit ve NPK uygulamaları nın etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7 (2) 95-100.
- Demir, H., Polat, E., Sönmez İ. 2010. Ülkemiz için yeni bir organik gübre: solucan gübresi. *Tarım Aktüel* 14: 54-60.
- Erdal, İ, Bozkurt M.A., Çimrin, K.M. 2000. Hümkik asit ve fosfor uygulamalarının mısır bitkisinin (*Zea mays L.*) Fe, Zn, Mn ve Cu içeriği üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (3): 91-96.
- Ekinci, E. (2022). Farklı miktarlardaki azot ve tavuk gübresi uygulamalarının atdışi mısırın (*Zea mays L. var. indentata*) verim ve verim öğelerine etkileri (Ph thesis).
- Ekinci, E. ve Öktem, A. G. (2024). Farklı miktarlardaki azot ve tavuk gübresi uygulamalarının atdışi mısırın (*Zea mays L. indentata*) koçan ve tane özellikleri ile kaliteye etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 13(1), 1-17.
- Fayetörbay, D., Çomaklı, B., ve Daşcı, M. (2014). fosfor çözücü bakteri, fosforlu gübre ve tavuk gübresi uygulamalarının macar fiğinde (*Vicia pannonica* Roth) tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20: 345-357.
- Karagöz, K. (2014). Yarasa gübresinin tarımda kullanılma olanakları. *Alinteri Ziraat Bilimleri Dergisi*, 27(2), 35-42.
- Karagöz, K. ve Hanay, A. (2020). Bat guano'nun katyon değişim kapasitesi, bazı makro besin içeriği ve toprağın reaksiyonu (ph) üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (2), 140-144.
- Maltaş, A.Ş., Tavalı, İ.E., Uz, İ., Kaplan, M. (2017). Kırmızı baş lahana (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra) yetiştiriciliğinde vermikompost uygulaması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 : 155-161.
- Öktem, A., Öktem A.G. ve Çelikli E., 2015. Yapraktan farklı seviyelerde hümkik asit uygulamasının mısır bitkisinin (*Zea mays L. indentata*) verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. 11. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Özetleri 7-10 Eylül, Çanakkale, s.114

- Öktem, A.G., Nacar, A. S., Öktem, A. (2017a). Sıvı olarak toprağa uygulanan hümik asit miktarlarının kırmızı mercimek bitkisinde (*Lens culinaris* Medic.) verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 2017, 26 (Özel Sayı): 119–124
- Öktem, A., Çelik, A. ve Öktem, A.G. (2017 b). Toprağa humik asit uygulamasının mısır bitkisinin (*zea mays* L. *indendata*) verim ve bazı verim karakterleri üzerine etkisi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 20 (Özel Sayı), 268-272.
- Öktem, A.G., Öktem, A., Yahlizade Z.B. 2018. Mısır bitkisinde (*Zea mays* L. *indentata*) vermikompost uygulamaları. Current Academic Studies in Agricultural Sciences Ed. Nurhan Keskin. 355-368. Cetinje, Montenegro.
- Öktem, A. G. ve Öktem, A. (2020). Effect of farmyard manure application on yield and some quality characteristics of popcorn (*Zea mays* L. *everta* Sturt) at the organic farming. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 21(9), 35-42.
- Özel, M. R. ve Öktem, A. G. (2021). Farklı düzeylerdeki vermikompost uygulamasının atdişi mısırın (*Zea mays* L. *indentata*) verim ve verim karakterlerine etkisi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(4), 1324-1333.
- Özkan, G. A. (2022). Farklı yarası gübresi uygulama yöntemlerinin atdişi mısırın (*Zea mays* L. *indentata*) verim ve verim unsurlarına etkisi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa
- Ridine, W., Ngakou, A., Mbaiguinam, M., Namba, F. ve Anna, P. (2014). Changes in growth and yield attributes of two selected maize varieties as influenced by application of chemical (NPK) and organic (bat's manure) fertilizers in pala (Chad) grown field. *Pak. J. Bot.*, 46 (5), 1763-1770.
- . Sezen, Y. 1984. Gübreler Ve Gübreleme, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:19; Sayfa:39-83. ERZURUM
- Şeker, C., ve Turhan, M. (2006). Bazı organik ve inorganik gübrelerin şeker pancarı-buğday ekim nöbetinde buğdayın verimine bakiye etkileri. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (20): 43-48.
- TÜİK (2023).Türkiye İstatistik Kurumu www.tuik.gov.tr (erişim 10.12.2024).
- Yahlizade, Z. B. (2021). Farklı dozlarda azot ve solucan gübresi uygulamalarının Harran ovası koşullarında at dişi mısır (*Zea mays* L. *indentata*) üzerindeki verim ve verim unsurlarına etkisi. Harran Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa*, 76s.



BÖLÜM 17

Biyotik Stres Koşullarına Dayanıklılığın Fizyolojik Esasları

Melike Kaya¹ & Tolga Karaköy²

¹ Arş. Gör., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, Türkiye, Orcid ID: 0009-0001-1606-0134

² Prof. Dr., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sivas, Türkiye, Orcid ID: 0000-0002-5428-190

1. GİRİŞ

1.1. Bitkilerde Stres Kavramı ve Biyotik Stres Unsurları

Stres kavramı, köken olarak fizikte kullanılan bir terim olmakla birlikte, biyolojik anlamda farklı şekillerde tanımlanmıştır. Levitt (1980), stresi "canlı organizmalar için uygun olmayan çevre koşulları" olarak tanımlarken (Gaspar ve ark., 2002), Cassels ve Curry (2001) bu terimi, "fizyolojik değişimlere, bedensel zararlara ve hastalıklara yol açma kapasitesine sahip biyotik veya abiyotik faktörler" şeklinde ifade etmiştir.

Bitkiler, çevresel faktörlerin olumsuz etkilerine (besin maddesi eksikliği, su kıtlığı, aşırı sıcaklıklar, UV radyasyonu, tuzluluk, hastalıklar ve zararlılar) maruz kaldıklarında büyüme ve gelişim süreçleri negatif yönde etkilenir. Bu tür olumsuz koşullar, bitkisel stres olarak adlandırılmaktadır. Bitkisel stres, geçici bir durum olabileceği gibi uzun süreli de devam edebilir (Güneş 2010).

Bitkiler, doğalarının bir sonucu olarak yaşam süreçleri boyunca pek çok stres faktörü ile karşılaşır. Bu stresler, biyotik ya da abiyotik kaynaklı olabilir ve bitkilerin büyüme ile gelişimini olumsuz etkileyebilir. Bu faktörler, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal hasarlar meydana getirerek, ürünlerin verimliliğinde düşüşe neden olabilir (Büyük ve ark., 2012).

Bitki bilimi, bitkilerin biyolojik ve çevresel stresler karşısında yaşadıkları zorlukları derinlemesine anlamayı gerektiren bir alandır. Bu anlayış, biyolojik çeşitliliğin korunması, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve küresel gıda güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşır. Biyotik stres, bitkilerin normal metabolizmasını virüsler, bakteriler, mantarlar, nematodlar, böcekler, akarlar ve yabancı otlar gibi canlı organizmaların bozduğu bir durumdur (Hashem ve ark., 2019).

Biyotik stres faktörleri, patojenler, zararlılar ve türler arası rekabet gibi, bitkilere enfeksiyonlar, herbivori ve kaynak rekabeti yoluyla zarar veren unsurları içerir (Pandey ve ark., 2017)(Şekil 1). Bitkilerin gelişimi ve sağlık durumu, bakteri, virüs ve mantar gibi çeşitli patojen türlerinden büyük ölçüde etkilenebilmekte olup bu da bitkilerde solgunlaşma, renk değişikliği hatta bitki ölümü de dahil olmak üzere çok çeşitli sonuçlara neden olabilir. Böcekler, akarlar ve nematodlar gibi zararlılar da bitki dokusuyla beslenerek, yapraklara, gövdelere ve hatta köklere zarar vererek ve hastalık bulaştırarak bitkilere önemli ölçüde zarar vererek böylece bitkideki genel zararı daha da büyütebilir (Mishev ve ark. 2021).

İklim değışikliği, değışen hava koşulları ve aşırı hava olaylarının artan sıklığı nedeniyle bitki ve hayvan türlerini, onların habitatlarını ve ekosistemlerini etkileyen çok boyutlu bir olgudur. Bir yerde kök salmış olan bitkiler, sıcaklık, yağış, radyasyon ve diğer çevresel faktörlerdeki dalgalanmalara son derece duyarlıdır. Bu dalgalanmalar, kısa vadede uyum süreçlerine, uzun vadede ise nesiller arası adaptasyonlara yol açabilir.

2. Bitkilerin Biyotik Stres Koşullarına Karşı Dayanıklılık Mekanizmaları

2.1. Stres Tepkisi ve Mekanizmaları

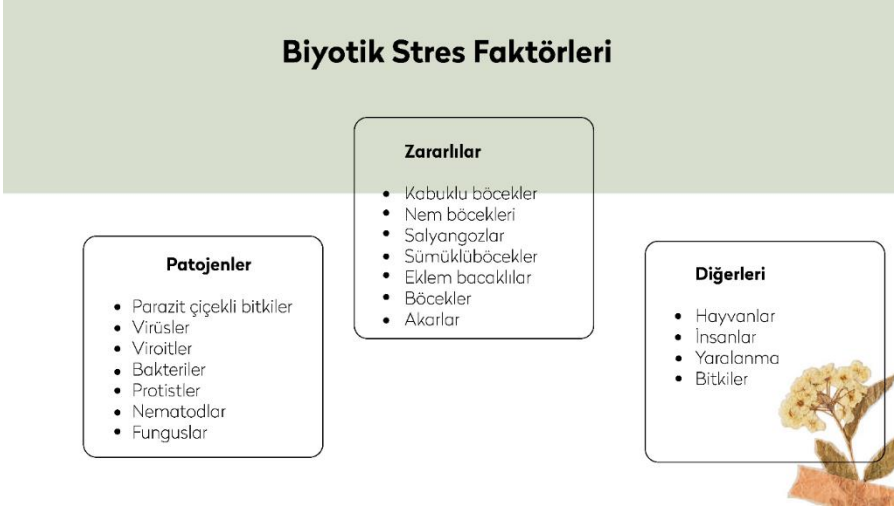
Bitkilerde stresle başa çıkma mekanizmaları iki şekilde işlev gösterir: Bitkiler, geliştirdikleri önleyici mekanizmalarla stres faktörlerinin etkisini engelleyebilir veya tolerans mekanizmalarını devreye sokarak bu faktörlere karşı dayanıklılık gösterip yaşamlarını sürdürebilirler Özcan (2020). Virüsler, bakteriler ve mantarlar, insanlar ve hayvanlar gibi bitkilerde de hastalıklara yol açabilirler. Patojenik organizmalardan etkilenen bitkilerde, bu tehditlere karşı uygun savunma mekanizmaları geliştirilebilmektedir.

Biyotik stres koşullarına karşı bitkilerin tepkilerini anlamak, bitki biyolojisi araştırmalarında hem önemli hem de oldukça karmaşık bir konudur (Hirayama ve Shinoza 2010). Bitkilerin biyotik streslere verdiği cevaplar, patojenin veya zararlının türü, yoğunluğu ve etkisinin süresine bağlı olarak değışiklik gösterir (Kosová ve ark., 2011). Bu streslere karşı tolerans mekanizmaları ise organizma düzeyinde ve hücresele seviyede karmaşık etkileşimler içerir (Ashraf ve Foolad 2007).

Glazebrook (2005) biyotik stres, bitkiler üzerinde çok yönlü etkiler yaratır; bitkilerin bu stres faktörlerine karşı verdiği yanıtlar ise genetik, fizyolojik ve metabolik süreçlerin bir arada işlediği kapsamlı mekanizmalar aracılığıyla ortaya çıkar. Örneğin, bitkilerde patojenik organizmaların neden olduğu stres, hem fiziksel bariyerlerin(hücre duvarının güçlendirilmesi) hem de kimyasal savunma mekanizmalarının(fitohormonlar veya reaktif oksijen türlerinin üretimini) aktif hale gelmesiyle açıklanabilir.

Biyotik stres sırasında bitkiler, stres etmenine karşı koyabilmek için çeşitli hormonal yolları devreye sokar (Nejat ve Mantri 2017; Suzuki 2016). Özellikle jasmonik asit (JA) yolu, böcek herbivorlarına, nekrotrofik funguslara ve bazı bakteriyel patojenlere karşı savunmada kritik bir rol oynar. Wasternack (2014), bitkiler bu stres etmenlerini algıladıklarında JA salgılayarak, bir dizi uyarım olayını tetikler. Bunun sonucunda savunmayla ilişkili genlerin ekspresyonu başlarken,

fitoaleksinler ve proteaz inhibitörleri gibi özel metabolitlerin üretilmesiyle savunma mekanizması tamamlanıp etkin hale getirilir.



Şekil 1. Bitkilerde biyotik stres faktörleri

Salisilik asit (SA), biyotik strese karşı bitki savunmasında önemli bir rol oynar. SA, patojenlerin yayılımını engelleyen patojenle ilişkili proteinlerin üretimini sağlayan genlerin ekspresyonunu tetikler (Haider ve ark., 2022). Ayrıca, dışarıdan SA uygulaması, konak savunma sistemini güçlendirir (Cohen ve ark., 2020). Etilen yolu mekanizması, böcek herbivorları, patojen enfeksiyonları ve mekanik hasar gibi biyotik stres etmenlerine yanıt olarak devreye girer. Bu durum, etilen seviyelerinin artmasına, savunma proteinlerinin üretilmesine, sekonder metabolitlerin sentezine yol açar (Teshome ve ark., 2020).

Bitkilerin hastalık etmenlerine karşı geliştirdikleri savunma mekanizmaları, genel ve özel olmak üzere iki grupta incelenebilir. Bunlar şu şekildedir.

2.2. Bitkilerde Dayanıklılık Mekanizmaları

2.2.1. Genel (Temel) Dayanıklılık

Bitkilerde dayanıklılık mekanizmalarının anlaşılması, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı bitkilerin sinyalleri nasıl algıladığı, ilettiği ve gen ifadelelerini nasıl düzenlediği konularını aydınlatmak, dayanıklılık üzerine yapılan çalışmalar için büyük bir öneme sahiptir (İmriz ve ark. 2015).

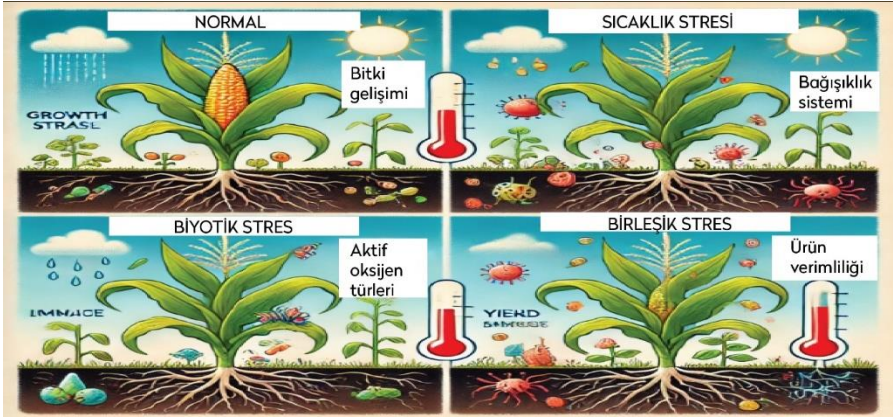
Birçok bitki türü, belirli hastalıklara karşı doğal olarak dayanıklılık gösterir. Bu dayanıklılık, her bitkinin farklı patojenlere karşı farklı tepki vermesinden kaynaklanır ; bir bitkide hastalık oluşturabilen bir etmen, başka bir bitkide hastalığa

yol açmayabilir. Bu durum, genel (temel) dayanıklılık olarak tanımlanmaktadır. Genel dayanıklılığın mekanizması, çoğu durumda, bitkideki çeşitli savunma yapılarının patojenlerin gelişmesini engellemesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle, bitkilerin dış yüzeyini kaplayan kütikula, hücre çeperinin yapısı ve fenolik bileşiklerin varlığı, patojenlerin bitki dokularına girmesini zorlaştırır. Bununla birlikte, bitkilerde bulunan savunma sistemleri, hastalık etmenlerinin saldırılarına karşı uyarılabilir ve bu mekanizmaların etkinliği, bitkinin hastalıklara karşı dayanıklılığını artırır.

Bitkilerdeki bu savunma mekanizmaları yalnızca fiziksel engellerle sınırlı değildir; aynı zamanda kimyasal ve biyokimyasal savunma mekanizmalarını da içerir. Fenolik bileşikler, flavonoidler ve alkaloidler gibi bileşiklerin sentezi, patojenlerin büyümesini ve yayılmasını engelleyebilir. Bunun yanı sıra, bazı bitkilerde hücre içindeki enzimler ve antimikrobiyal peptitler gibi savunma proteinlerinin aktivasyonu, hastalık etmenlerinin etkisini sınırlayarak bitkinin savunma kapasitesini artırır. Bu çok katmanlı savunma yapıları, bitkilerin biyotik streslere karşı dirençli olmalarını sağlar ve ekolojik açıdan bitkilerin hayatta kalma şansını artırır.

(Shelake ve ark., 2022), sıcaklık stresinin (HS) ve biyotik stresin birbiriyle yakından ilişkili olduğu ve çoğu zaman eş zamanlı ya da ardışık şekilde meydana gelerek bitki verimliliğinde kayıplara, fizyolojik görünümünde değişimlere neden olduğu bilinmektedir (Şekil 2). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, bitkilerin HS ile birlikte aynı anda karşılaştığı biyotik streslerin, örneğin patojenler ve zararlılar gibi, yarattığı ikili zorluklara dikkat çekmektedir (Cohen ve ark., 2020; Harvey ve ark., 2020).

Bu tür stres faktörlerinin bitki üretkenliği üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için kapsamlı ve sistematik araştırmalar gereklidir (Ramegowda ve ark., 2024; Pandey ve ark., 2024). Artan sıcaklıkların yol açtığı HS'nin, bitki savunma mekanizmaları üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yaratabildiği, bu durumun da bitkilerin biyotik stres faktörlerine karşı hassasiyetini ya da toleransını artırabileceği ortaya konulmuştur.



Şekil 2. Bitiyotik ve abiyotik stres koşullarının bitkideki etkisi

2.2.2. Özel (Uyarılmış) Dayanıklılık

Konukçu bitkiler, patojenlerin sebep olduğu zararları engellemek amacıyla dayanıklılık genleri geliştirmiştir. Bu genlerin ürünü olan proteinler, hastalık etmenlerinin bitkiye giriş aşamasında salgıladıkları sinyal molekülleri sayesinde tehlikeyi tanıyarak engelleme yeteneğine sahiptir. Bu tanıma işlemi, bitkinin savunma mekanizmalarının aktive edilmesi aısından büyük öneme sahiptir. Bitkilerde savunma sisteminin devreye girmesiyle birlikte, antimikrobiyal özellik taşıyan bir dizi proteinin üretimi başlar ve böylece bitki, patojen saldırılarına karşı kendini korur.

Özcan (2020), bitkilerin patojenlere karşı savunma mekanizmaları üç ana prensipe dayanır:

1. Bitki, patojenin kendisini konukçu olarak tanımasına engel olmalıdır.
2. Patojenin bitkiye girmesini engelleyen savunma mekanizmalarına sahip olmalıdır.
3. İçeri sızmayı başaran patojenlerin gelişimini durduracak mekanizmalara sahip olmalıdır.

İnsanlar ve hayvanlar üzerinde yıllardır hastalıkların kontrol altına alınabildiği, bağışıklık sistemlerinin bu işlevi yerine getirdiği bilinmektedir. Benzer bir savunma mekanizmasının bitkilerde de mevcut olduğu ve patojenlerin saldırısına uğrayan ya da stres altında kalan bitkilerin savunma mekanizmalarını aktive ettikleri gösterilmiştir. Bu mekanizma, *uyarılmış dayanıklılık* (induced resistance) olarak adlandırılmaktadır. Uyarılmış dayanıklılık, bitkinin dışsal etmenlerle karşılaştığında savunma sisteminin aktive olduğu ve bu sayede patojenlere karşı dayanıklılığının arttığı bir süreçtir.

Bu mekanizma, enfeksiyonun ilk günlerinden birkaç gün sonra devreye girer ve birkaç hafta boyunca etkisini sürdürür. Savunma mekanizmalarının aktive olmasıyla birlikte, bitki dokularında fitoaleksinin adı verilen antimikrobiyal bileşiklerin üretimi başlar. Fitoaleksinler, bitkilerin patojenlere karşı savunmalarını güçlendiren önemli moleküllerdir. Farklı bitki türlerinde bu bileşiklerin kimyasal yapıları çeşitlenir; örneğin, *Leguminosae* familyasında izoflavonoidler ve furanoasetilenler, *Solanaceae* familyasında ise terpenoidler, polyasetilenler ve fenilpropanoidler bulunur.

Arıcı ve Yardımcı (2001), uyarılmış dayanıklılık üzerine yapılan çalışmalar, bitkilerdeki hastalıkların kontrol edilmesine ya da bitkilerin dayanıklılığının artırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu konuda yapılan ilk araştırmalar 1961 yılına dayanmaktadır. Tütün mozaik virüsü (TMV) ile yapılan laboratuvar çalışmaları, uyarılmış dayanıklılık mekanizmalarının hastalıkların şiddetini azaltma konusunda önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur.

Özcan (2020), uyarılmış dayanıklılık, bitkilerde patojenlere karşı üç farklı şekilde etkili olmaktadır:

1. **Biyotik ve abiyotik uyarıcıların etkisi:** Fungus, bakteri, virüs ve yaralanma gibi biyotik; ultraviyole ışık ve çeşitli kimyasal maddeler gibi abiyotik uyarıcılar, bitkilerde hastalığa neden olan patojenlerin etkisini azaltabilmektedir.
2. **Uyarıcı uygulamalarının katkısı:** Örneğin, *Bacillus subtilis* gibi biyolojik uyarıcıların kullanılması, bitkilerde hastalıklara karşı dayanıklılığı artırabilmektedir.
3. **Patojene özgü etkiler:** Uyarılmış dayanıklılık, patojenin türüne bağlı olarak bitkilerde spesifik şekilde etkili olabilmektedir. Bu durum, aynı konukçu bitki üzerinde birden fazla patojenin neden olduğu hastalık zararlarının azaltılmasını sağlayabilmektedir.

Uyarılmış Dayanıklılığın Avantajları ve Dezavantajları

Uyarılmış dayanıklılığın bitkiler için birçok avantajı vardır. Bu mekanizma, özellikle diğer mücadele yöntemlerinin yetersiz kaldığı viral hastalıklar dahil, bakteriyel ve fungal patojenlere karşı etkili olabilir. Üstelik, uyarılmış dayanıklılık bitkinin doğal savunma sistemlerinden yararlandığı için insan sağlığına zararlı değildir ve çevre üzerinde kimyasal pestisitlere kıyasla daha az olumsuz etki yapar. Ayrıca, dayanıklılık kalıcıdır çünkü bitkinin mevcut savunma mekanizmaları tarafından sağlanır ve patojenlerin bu dayanıklılığı aşması zordur (Mithöfer ve Furch 2024).

Özcan (2020), bitkilerde patojenlere karşı elde edilen uyarılmış dayanıklılığın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar:

- Uyarıcı maddelerin geniş alanlara uygulanması, ekonomik verimlilik açısından beklenen faydayı sağlamayabilir.
- Biyolojik uyarıcıların kullanılması yoluyla bitkilerde dayanıklılığın teşvik edilmesi, bazı durumlarda hastalıkların yayılmasına yol açabilecek potansiyel riskler taşımaktadır.
- Uyarılmış dayanıklılığı sağlamak için gerekli olan kimyasal uyarıcıların, her bitki türü için hangilerinin en etkili olduğu konusunda henüz tam bir bilgi birikimi oluşturulmamıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

Biyoteknolojik uygulamaların, biyotik stres faktörlerine karşı bitki dayanıklılığını artırmak adına önemli bir araç olarak öne çıkması, tarımsal üretimde sürdürülebilirlik açısından kritik bir adım olarak görülmektedir. Bitkilerin, stres koşullarına karşı doğrudan veya dolaylı yolla geliştirdiği uyarılmış dayanıklılık mekanizmaları, özellikle pestisit kullanımının azaltılması ve besin güvenliğinin sağlanması açısından umut vericidir. (Flors ve ark., 2024). Uyarılmış dayanıklılık (IR), bitkilerin patojenlere ve zararlılara karşı gösterdiği bağışıklık yanıtlarının güçlendirilmesi sürecinde, sadece bitkilerdeki savunma mekanizmalarının hızlanmasına neden olmakla kalmaz, aynı zamanda bu mekanizmaların sonraki nesillere aktarılmasında sağlar. Bu bağlamda, biyoteknolojinin gelecekteki potansiyeli, sadece mevcut bitki hastalıkları ve zararlılarıyla mücadelede değil, aynı zamanda yeni ve henüz keşfedilmemiş stres koşullarına karşı da dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesiyle beslenme güvenliğine katkı sağlamayı vaat etmektedir. Sonuç olarak, biyoteknolojik uygulamalar ve biyotik stresle mücadele için geliştirilen yenilikçi yaklaşımlar, tarımsal üretim sistemlerinin çevresel sürdürülebilirliğini artıracak ve gelecekteki gıda güvenliğini sağlamada önemli bir rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

- Arıcı, Ş., Yardımcı, N. (2001). Bitkilerde uyarılmış dayanıklılık. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(1), 83-86.
- Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59:(8), 206-216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>
- Büyük, İ., Soydam Aydın, S., Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Dergipark*, 69:(2), 97-110.
- Cassells, A. C., Curry, R. F. (2001). Oxidative stress and physiological, epigenetic and genetic variability in plant tissue culture: Implications for micropropagators and genetic engineers. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 64:(7), 145-157
- Cohen, S. P., Leach, J. E. (2020). High temperature-induced plant disease susceptibility: More than the sum of its parts. *Current Opinion in Plant Biology*, 56:(1), 235-241.
- Flors, V., Kyndt, T., Mauch-Mani, B., Pozo, M. J., Ryu, C.-M., Ton, J. (2024). Enabling sustainable crop protection with induced resistance in plants. *Frontiers in Science*, 2:(2). <https://doi.org/10.3389/fsci.2024.1407410>
- Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J. F., Dommes, J. (2002). Concepts in plant stress physiology: Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation*, 37(1), 263-285.
- Güneş, A. (2010.). Stres fizyolojisi [Ders notu]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Haider, S., Raza, A., Iqbal, J., Shaukat, M., Mahmood, T. (2022). Analyzing the regulatory role of heat shock transcription factors in plant heat stress tolerance: A brief appraisal. *Molecular Biology Reports*, 49:(1), 5771-5785.
- Harvey, J. A., Heinen, R., Gols, R., & Thakur, M. P. (2020). Climate change-mediated temperature extremes and insects: From outbreaks to breakdowns. *Global Change Biology*, 26(12), 6685-6701. <https://doi.org/10.1111/gcb.15377>
- İmriz, G., Özdemir, F., Taş, M. N., Ercan, B., Topal, İ., & Karaca, M. S. (2015). Bitkilerde fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı dayanıklılık genleri ve sinyal iletimi. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi (Eski adı: OrLab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi)*, 13(1), 12-27.
- Kosová, K., Vítámvása, P., Prášila, I. T., & Renaut, J. (2011). Plant proteome changes under abiotic stress: Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *Journal of Proteomics*, 74:(1), 1301-1322.
- Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stress: Water, radiation, salt, and other stresses. Academic Press.
- Mishev, K.; Dobrev, P.I.; Lacek, J.; Filepová, R.; Yuperlieva-Mateeva, B.; Kostadinova, A.; Hristeva, T. Hormonomic changes driving the negative impact of broomrape

- on plant host interactions with arbuscular mycorrhizal fungi. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 13677.
- Mithöfer, A., & Furch, A. C. U. (2024). Induced resistance: Making the most of plants' innate immune response. *Frontiers in Science*, 2:(1), <https://doi.org/10.3389/fsci.2024.1483191>
- Nejat, N.; Mantri, N. Plant immune system: Crosstalk between responses to biotic and abiotic stresses the missing link in understanding plant defence. *Curr. Issues Mol. Biol.* 2017, 23, 1–16.
- Özcan, M. (2020). Bahçe bitkilerinde stres fiziolojisi [Ders notu]. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Pandey, P.; Irulappan, V.; Bagavathiannan, M.V.; Senthil-Kumar, M. Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop improvement by exploiting physio-morphological traits. *Front. Plant Sci.* 2017, 8, 537.
- Ramegowda, V., Senthil, A., Senthil-Kumar, M. (2024). Stress combinations and their interactions in crop plants. *Plant Physiology Reports*, 29(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s40502-023-00746-5>
- Shelake, R. M., Wagh, S. G., Patil, A. M., Červený, J., Waghunde, R. R., & Kim, J.-Y. (2024). Heat stress and plant–biotic interactions: Advances and perspectives. *Plants*, 13:(15), 2022. <https://doi.org/10.3390/plants13152022>
- Suzuki, N. (2016). Hormone signaling pathways under stress combinations. *Plant Signaling & Behavior*, 11, e1247139. <https://doi.org/10.1080/15592324.2016.1247139>
- Teshome, D. T., Zharare, G. E., Naidoo, S. (2020). The threat of the combined effect of biotic and abiotic stress factors in forestry under a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, 11:(2), 601009.
- Wasternack, C. (2014). Action of jasmonates in plant stress responses and development—Applied aspects. *Biotechnology Advances*, 32, 31–39.
- Watkins, J.M.; Hechler, P.J.; Muday, G.K. Ethylene-induced flavonol accumulation in guard cells suppresses reactive oxygen species and moderates stomatal aperture. *Plant Physiol.* 2014, 164, 1707–1717.



BÖLÜM 18

Baby Corn (Bebek Mısır)

Abdullah Öktem¹ & Ayşe Gülgün Öktem²

¹ Prof. Dr., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa/TÜRKİYE, ORCID:0000-0001-5247-7044

² Doç. Dr., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa/TÜRKİYE, ORCID:0000-0002-7669-5801

1. Giriş

Mısır bitkisi (*Zea mays* L.) dünyada en fazla ekilen ve üretilen tahıllar arasında yer almaktadır. Mısır kısa sürede fazla miktarda kuru madde üretebilen, yüksek verim potansiyeline sahip bir sıcak iklim tahılıdır. Hemen hemen bütün tarla bitkileriyle ekim nöbetine girebilen bir bitki olması sebebiyle, tarla tarımı ekim nöbeti sistemleri içerisinde önemli bir yere sahiptir.

Mısır bitkisi çok değişik amaçlarla insan ve hayvan beslenmesinde ayrıca sanayide kullanılabilmektedir. Mısıra dayalı sanayi hızla gelişmiş, bu sanayi ürünleri diğer sektörler için ara madde konumuna gelmiştir. Taneleri doğrudan insan beslenmesinde kullanılabildiği gibi, gıda sanayisinde işlenerek mısır unu, mısır nişastası, nişasta bazlı şeker gibi alanlarda değerlendirilmektedir. Mısır unundan çeşitli cips, corn flaks, tortilla, pasta, kek, kraker vb. türü yiyecekler üretilmektedir. Mısır nişastası puding, lokum, çorba, hazır tatlı gibi birçok gıda ürününde kullanılmaktadır. Mısırdan elde edilen nişasta bazlı şeker; gıda endüstrisinde şekerlemelerde, unlu mamullerde, bisküvi, dondurma, çikolata, reçel, marmelat, alkollü ve alkolsüz içecekler (gazoz, kola ve meyve suları), baklava, helva, lokum ve çiklet gibi ürünlerin yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Nişasta sanayisinde mısır besidokusundan (endosperm) nişasta alındıktan sonra, embriyo ayrıca işlenerek mısırözü yağı üretilmektedir. Mısır yağının sindirimi kolay olduğundan yaşlılara, kalp-damar hastalarına ve yüksek tansiyonluların diyetlerine önerilmektedir.

Ayrıca mısır bitkisinin hem taneleri hem de yeşil aksamı hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Tanelerinden kesif yem yapılarak büyükbaş ve küçükbaş hayvan beslenmesinde yararlanılmaktadır. Ayrıca tavuk yem rasyonlarının büyük kısmı mısır tanesinden oluşmaktadır. Mısır bitkisinin yeşil aksamı doğrudan hayvan beslenmesinde kullanıldığı gibi, kurutularak ya da silaj yapılarak da hayvan beslenmesinde değerlendirilmektedir.

Baby Corn (bebek mısır) ise bütün yukarıda sayılan kullanım alanları dışında kalan, insan yiyeceği olarak tüketilen farklı bir gıda türüdür. Bu bölümde Baby Corn'un tanımı, kullanım alanları, ticareti, besin içeriği, yetiştiriciliği ve değerlendirilme şekilleri hakkında bilgiler yer alacaktır.

2. Baby Corn'un Tanımı

Baby corn'un ne olduğunu daha iyi anlamak için mısır bitkisinin çiçek yapısından bahsetmek gerekmektedir. Mısır bitkisi tek evcikli (*monoecious*) çiçek yapısına sahiptir. Erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde ancak farklı yerlerde bulunmaktadır. Erkek çiçekler bitki sapının ucundaki en üst kısımda karışık salıkım formunda yer alırken, dişi çiçekler bitkinin orta kısmındaki boğumlardan çıkan koçan üzerindedir. Tepe püskülünden dağılan polenlerin koçan üzerindeki püsküller (stigma) üzerine düşerek yumurta hücresini döllemesiyle birlikte, koçan üzerindeki tanelerde nişasta, protein, şeker vb. besin elementleri birikmeye başlar, tane büyür ve tamamen olgunlaştığında hasat edilerek tane ürünü elde edilir. Normal tane mısır üretimi bu şekildedir.

Ancak Baby Corn (bebek mısır), bitkinin koçan püskülünü çıkarmasıyla birlikte 2-4 gün içerisinde, henüz dölleme gerçekleşmeden oluşan koçanın koparılmasıyla elde edilen, taze olan ve olgun durumda olmayan koçanlara verilen addır (Galinat, 1985; Öktem ve Öktem, 2016). Koçan henüz olgunlaşmadan erken hasat edildiği için Baby Corn (bebek mısır), young corn (genç mısır), child corn (çocuk mısır), cornlettes, finger corn (parmak mısır) olarak değişik isimlerde anılmaktadır. Ancak dünyada en yaygın kullanılan ismi Baby Corn (bebek mısır) dur. Ülkemizde de Baby Corn olarak literatüre geçmiş durumdadır. Bu yüzden ilerleyen metin kısımlarında Baby Corn olarak ifade edilecektir.

Baby Corn, tozlaşma gerçekleşmeden önce, koçan püskülleri ortaya çıktıktan sonraki 2-4 gün içinde hasat edilir (Öktem ve Öktem, 2016). Dölleme gerçekleşmeden hasat edildiği için besin maddesi birikimi henüz gerçekleşmediğinden, koçan üzerinde belirgin olarak tane görülmez. Aslında koparılan bu kısım, bitkinin çiçeklenme döneminde oluşturduğu dişi çiçekler ve bu çiçekleri üzerinde taşıyan sömek'den başka bir şey değildir. Yeni ortaya çıkan koçanlar çok erken aşamada hasat edildiği için, kendine özgü aroması olan, kıtır ve gevrek bir yapıdadır (Şekil 1). Baby Corn koçanları insan beslenmesinde çok farklı şekillerde ve değişik yiyeceklerle birlikte değerlendirilmektedir. Baby Corn ülkemizde yeni tanınmaya başlamış olup, lüks restoranlarda kullanılmaktadır. Büyük marketlerde de konserve şeklinde satışı yapılmaktadır. Önümüzde yıllarda tüketiminin artması beklenmektedir.



Şekil 1. Kavuzsuz Baby Corn koçanları

3. Baby Corn Ticareti

Baby Corn özellikle Avustralya, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya gibi gelişmiş ülkelerde ve İngiltere, Hollanda, Almanya, Fransa gibi Avrupa ülkelerinde, ayrıca Tayland, Tayvan, Japonya ve Malezya gibi Asya ülkelerinde ve Birleşik Arap Emirliği'nde yaygın olarak tüketilmektedir ve en fazla bu ülkeler tarafından ithal edilmektedir. Dünyadaki Baby Corn ticaret hacminin 8-10 milyar dolar civarında olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2024a).

Henüz mısır koçanlarını bitki saplarından koparmak ve koçan kavuzlarını ayırmak için kullanılabilecek mekanik hasat makineleri bulunmamaktadır. Bu yüzden Baby Corn hasadının elle insanlar tarafından yapılması gerekmektedir. Baby Corn hasat işlemi zaman alıcıdır, çok sayıda işgücüne ihtiyaç duyulduğu için hasat maliyeti yüksektir. Bu durum daha düşük kâr marjı anlamına gelmektedir. Hasadı çok yoğun emek isteyen ve uzmanlaşmış insan gücüne dayandığı için genellikle işgücü ucuz olan ve işçilere düşük ücretler ödenen Tayland, Hindistan, Tayvan, Çin, Sri Lanka, Guatemala, Honduras, Zambiya, Kosta Rika ve Zambiya, Kenya ve Zimbabve gibi Afrika ülkelerinde en fazla yetiştirilmekte, aynı zamanda bu ülkelerde en fazla tüketilmektedir. Üretilen Baby Corn'un büyük çoğunluğu yukarıda belirtilen diğer gelişmiş ülkelere, Avrupa'ya, Amerika'ya ihraç edilmektedir (Anonim, 2024b).

Dünya çapında taze Baby Corn ihracatçıların sıralamasında Hindistan birinci sırada yer alırken, Tayland onu takip etmekte, Guatemala ise üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2024c). Hindistan yine önemli bir Baby Corn üreticisi ve tüketicisi konumundadır. Hindistan'da, kış aylarının zirve yaptığı dönemler hariç, Baby Corn yıl boyunca yetiştirilebilir ve ortalama olarak yılda dört Baby

Corn mahsulü alınabilir. Hindistan'da, ortalama Baby Corn üretimi yaklaşık 750–870 kg/da'dır.

Dünya'da son on yılda tüketim ve talep doğrultusunda Baby Corn üretimi önemli ölçüde artmıştır. Üretilen Baby Corn'un sadece %15'i kavuzlu mısır koçanından oluşurken, geriye kalan %85'lik kısmı kavuzsuz ve işlenmiş koçandan oluşmaktadır (Bakshi ve ark, 2016).



Şekil 2. Hasat edilmiş taze Baby Corn koçanları

Taze ve genç koçanların raf ömrü kısa olduğu için taze olarak ihraç edilme, imkânı kısıtlıdır (Şekil 2). Bu nedenle Baby Corn Asya'da taze olarak yerel pazarlarda satılıp tüketilirken, Amerika Birleşik Devletleri de dahil olmak üzere dünyanın diğer bölgelerinde çoğunlukla konserve formunda ithal edilmektedir. Konserve Baby Corn'un raf ömrü genellikle 1 ile 3 yıldır. Üretildiği ülkelerde ilkbahar ve yaz aylarında taze olarak bulunurken diğer aylarda ise yıl boyunca konserve formunda mevcuttur (Şekil 3). Baby Corn buzdolabında yalnızca 3 ila 4 gün saklanabilir. Ancak koçanlar su ve sitrik asit içerisinde daha uzun süre saklanabilir, turşu yapılabilir veya uzun süreli kullanım için dondurulabilir.

4. Baby Corn Kullanım Şekilleri

Baby Corn tam da söylendiği gibi küçük, sevimli, lokma büyüklüğünde mısır koçanlarıdır. Baby Corn koparıldıktan sonra hiçbir işleme tabii olmadan doğrudan taze olarak yenilebilir (Şekil 3). Çeşitli yiyeceklere katılmak veya farklı yiyeceklerle karıştırılmak suretiyle değerlendirilebilir (Kumar ve Kallo, 2000).



Şekil 3. Konserve ve taze olarak satışı sunulmuş Baby Corn koçanları

Haşlanarak ve kızartılarak tüketildiği gibi, daha sonra kullanılmak üzere dondurulabilir ya da konservesi yapılarak kullanım süresi daha uzun bir zaman dilimine yayılabilir (Öktem ve Öktem, 2016).

Baby Corn taze olarak, dondurulmuş veya konserve şeklinde yemeklere, çorbalara, sandviçlere, pizzalara, salatalara katılabilir (Najeeb ve ark., 2011). Yemeklerin yanında kızartılmak suretiyle veya turşu olarak tüketilebilir. Baby Corn akla gelebilecek her türlü yiyeceklerle birlikte kombinasyon oluşturabilir. Güveçlere, sotelere, eriştelere katılabilir. Hatta ızgarada pişirilebilir, acı biber ve köri sosla lezzetlendirilebilir (Anonim, 2024d). Baby Corn, esas olarak bir yemeğin içinde baskın tatlar olmadan gevreklik sağlayabilen, menülere ek doku sağlamak için kullanılan yenilikçi bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Küçük koçanlar ayrıca yemeklere görsel ilgi katmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Baby Corn koçanları kullanılarak yapılmış çeşitli yiyecekler

Taze Baby Corn daha fazla çıtırılığa ve daha fazla gevrekliğe sahip iken, konserve Baby Corn daha yumuşak bir dokuya sahiptir ve taze versiyonunun aksine çıtırılığı kaybolmuştur. Bu haliyle yeşil salatalara eklenebilir veya meze olarak kremalı soslarla servis edilebilir. Ayrıca haşlanabilir veya buharda pişirilebilir (Gosavi ve Bhagat, 2009). Pirinç veya erişte yemeklerine karıştırılabilir veya taze bir ana yemek olarak diğer sebzeler ve çeşitli kırmızı ve beyaz etlerle sotelenebilir. Direk Baby Corn parçacıkları kullanılarak çorbası yapılabilir veya Baby Corn püre haline getirilerek farklı şekilde çorbası yapılabilir. Orta Amerika ülkelerinde sebze olarak kullanılmakta ve pişirildiğinde chilote olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2024c).

Baby Corn maydanoz, fesleğen ve kişniş gibi sebzeler ile ve kimyon, köri tozu, zerdeçal, kırmızı biber, sarımsak ve zencefil gibi baharatlarla çok iyi uyum sağlamaktadır. Baby Corn lezzetten ziyade öncelikle yemeklere çıtırılık ve doku eklemek için kullanılır. Koçanın pütürlü yüzeyi, lezzetin derinliği için sosları ve baharatları yakalar ve bünyesine hapsederek lezzetin açığa çıkmasına yardımcı olur.

Ayrıca Baby Corn dolmalık biber, bezelye, brokoli, karnabahar gibi birçok sebzelerle de çok iyi uyumludur. Ayrıca kırmızı etlerle, kümes hayvanları ve deniz ürünleri ile beraber kullanılabilir (Şekil 4). Küçük koçanlar ayrıca parmak gıda olarak kızartılabilir veya ızgara edilebilir veya keskin, fermente bir tat geliştirmek için turşu yapılabilir.

5. Baby Corn Tarımı

Baby Corn hava sıcaklığının uygun olduğu (25-30 °C), sulanabilen ya da su ihtiyacının yağış ile karşılandığı bölgelerde kolaylıkla yetiştirilebilir. Hemen hemen her çeşit toprakta yetişebilse de killi-tınlı, alüvyal, organik maddesi yüksek ve pH aralığı 7-8 olan topraklarda daha iyi sonuç alınabilmektedir. Tane olgunlaşması beklenmediği için vejetasyon süresi kısadır (Şekil 5). Bu yüzden gübreleme, sulama ve diğer bakım işlemlerinin maliyetleri daha düşük olmaktadır. Hasat edilebilmesi için; çeşide ve yetiştirildiği bölgenin hava sıcaklığına bağlı olarak Baby Corn ekimden yaklaşık 45 gün (Bar-Zur ve Schaffer, 1993) veya 60-70 günlük (Galinat, 1985) bir vejetasyon süresine ihtiyaç duymaktadır.

Baby Corn elde etmek için önce mısır bitkisini yetiştirmek ve çiçeklenme dönemine kadar bakım işlerini yapmak gerekmektedir. Bu geçen sürede mısır bitkisi 1.5-2 m boylanmakta ve yeni çıkmış küçük koçanlar hasat edildikten sonra bitki âtıl kalmaktadır. Bu durum israf olarak düşünülebilir. Ancak ticari tohum üreticileri bir saptan birden fazla koçan veren ve sürekli koçan oluşturan melez Baby Corn çeşitlerini geliştirerek daha fazla ürün elde edilmesini sağlamış ve bu soruna çözüm bulunmuştur. Bu yeni Baby Corn çeşitlerinin çoğu daha kısa saplı veya çok saplı olmakta ve bitki başına 20'ye kadar mısır koçanı verebilmektedir. Ancak bu çeşitlerin sayısı sınırlı olup, her bölgeye uyum sağlamayabilir.



Şekil 5. Koçan püskülleri yeni çıkmış ve hasat olgunluğundaki Baby Corn koçanları

Baby Corn ekilecek alanın toprağı ekim öncesinde pulluk, goble-disk ve tapan ile sürülerek ekime hazır hale getirilir (Öktem ve Öktem, 2016). Baby Corn ana ürün ya da ikinci ürün olarak yetiştirilebilir. Kısa vejetasyon süresine gereksinim duyduğu için kademeli ekim yapılarak sürekli ürün hasadı da yapılabilir. Baby

Corn üretiminde bütün mısır alt varyeteleri kullanılabilir. Tatlı mısır ve cin mısır çeşitleri tüketiciler tarafından büyük oranda kabul görmesi nedeniyle en iyi sonuçları vermektedir (Pereira ve ark., 1998). Ancak en çok tercih edilen alt varyete tatlı mısırdır (*Zea mays* L. *saccharata*). Birçok tatlı mısır çeşidi Baby Corn yetiştiriciliğine uygundur. Özellikle Baby Corn için geliştirilen, bitki başına daha fazla koçan üretme eğiliminde olan çeşitlerin tercih edilmesi ürün miktarını artırır. Ayrıca sıra üzerindeki bitki sayısını azaltarak da bitki başına koçan sayısı artırılabilir.



Şekil 6. Baby Corn olarak hasat olgunluğuna ulaşan mısır bitkileri

Ana ürün koşulları için don tehlikesi geçtikten sonra tohumlar ilkbaharda ekilebilir. Tohumlar genellikle 70-90 cm aralıklı sıralar halinde, yaklaşık 10 cm sıra üzeri mesafelerde verimli ve iyi drenajlı toprağa ekilebilir. Sıra arası ve sıra üzeri mesafesi yetiştirilecek çeşidin özelliklerine, toprak yapısına, yetiştirilme zamanına göre değişebilir. Ekimle birlikte saf olarak 8 kg azot, fosfor ve potasyum, bitkiler 30-40 cm olduğunda ise 15 kg azot verilmesi yeterli olmaktadır (Öktem ve Öktem, 2016).

Baby Corn koçanları uçlarından püsküller çıkar çıkmaz veya birkaç gün sonra koçanlar elle toplanmak suretiyle hasat edilebilir (Şekil 5 ve Şekil 6). Koçanlar çıktıktan 1-2 gün sonra yapılan hasatta kalite çok yüksek iken biraz daha geç yapılan hasatlarda kalite giderek düşmektedir ve koçanın çıtırılığı ve gevrekliği giderek azalmaktadır (Öktem ve Öktem, 2016). Baby Corn koçanları genellikle 4.5 ile 10 cm arasında değişen uzunlukta ve 0.7 cm ile 1.7 cm çapı arasında iken hasat edilmektedir (Miles ve Zenz, 2000).

Baby Corn üzerinde yapılan çalışmalar; koçan püskülü çıktıktan sonraki 1-2 gün içinde yapılan hasatta Baby Corn koçan uzunluğunun 6.4 ile 10.5 cm (Rodrigues ve ark., 2003), 4.97 ile 7.0 cm (Saha ve ark., 2007) ve 8.1 ile 10.6 cm (Kumar ve Bohra, 2014), 8.2 ile 9.3 cm (Öktem ve Öktem, 2016) arasında değiştiğini göstermektedir. Ahmed ve ark. (2016) ise Baby Corn koçan boyunun ve çapının sırasıyla, 6.1-7.9 cm ve 8.0-10.0 mm arasında değiştiğini belirtmiştir.

Hasatta fazla gecikilirse koçanlar uzayarak sertleşir ve gevrekliğini kaybeder. Bu durum kalitenin azalmasına neden olur. Mısır genellikle çok hızlı olgunlaşır, bu nedenle daha olgun mısır koçanlarıyla karşılaşmamak için Baby Corn hasadı dikkatli bir şekilde zamanlanmalıdır. Hasat zamanı geciktikçe Baby Corn boyu uzamakta, kalınlığı artmakta ve pazar değeri düşmektedir. Erken hasat edilen Baby Corn koçanları ise daha yüksek fiyatlara pazarlanabilmektedir (Wang, 2009).

Koçan püskülünün çıkışından 7-9 gün sonra yapılan hasatta taze koçanların pazar değerinin ve karlılığın düştüğü, en uygun hasat zamanının koçan püskülü çıkışından 2 ile 4 sonra (Öktem ve Öktem, 2016) ve 3 gün sonra yapılan hasadın olduğu belirtilmektedir (Silva ve ark., 2006).

Bu aşamada Baby Corn koçanı hasat edildiğinde henüz nişasta veya şeker rezervleri koçanda gelişmemiştir. Baby Corn koçanı küçüktür ve incedir. Baby Corn koçanın uçlarına doğru hafifçe sivrilen, düz ve ince silindirik bir yapıya sahiptir.



Şekil 7. Kavuzlu Baby Corn Koçanları

Koçan uçlarından 2-3 cm püsköl çıktığı anda bitkideki üç ila dört adet Baby Corn koçanı elle toplanır (Şekil 7). Koçan kavuzları ve püsküller koçanından çıkarılarak gıda işleme tesisinde belirli bir boyutta kesilir ve daha sonra insan tüketimi için yurtdışına veya iç pazara gönderilir (Bakshi ve ark., 2017a).

İlk hasattan sonra en azından 2 ila 3 günde bir hasat etmek gerekir. Çünkü koçanlar çok büyüdüğünde, Baby Corn olarak kullanılmak için çok sert hale gelirler. Hasat süresi ise 2 ile 4 hafta sürebilir. Baby Corn hasat edildikten sonra kolayca ve hızla çürüdüğü için, bozulmaması ve raf ömürlerini uzatmak için soğuk zincir nakliye ile taşınması ve soğutulmuş bir ortamda saklanması veya hızlıca dondurulması gerekmektedir. Baby Corn hasattan sonra dondurulabilir, haşlanabilir, turşu yapılabilir veya konserve edilebilir.

Dondurma işlemi imkân ve maliyet gerektirdiğı için genellikle konserve yapımı tercih edilmektedir. Tuzlu su içerisinde, sitrik veya laktik asitli suda, bazen şekerli suda saklanabilir veya teneke ya da cam kavanozlarda konserve haline getirilebilir. Hasattan sonra Baby Corn mısır koçanı, satışa sunulmak üzere paketlenmeden önce rengini ve dokusunu korumak için genellikle kısa bir süre haşlamak gerekmektedir (Anonim, 2024e).



Şekil 8. Hasat edilmiş Baby Corn koçanları

Baby Corn taze olarak da satılabilir ve pazarlanabilir. Taze olarak pazarlanmak istendiğinde Baby Corn yeşil koçan kavuzları içinde bulunabilir veya kabuğı soyulmuş olarak da satılabilir (Şekil 8). Baby Corn koçanları, genellikle soluk sarıdan krem rengine kadar değişen küçük tane taslaklarıyla kaplıdır. Tane taslakları düz ve dikey sıralar halinde düzenlenmiştir.

Olgun mısırın aksine, Baby Corn koçanı tamamen yenilebilir ve koçanların esnek ve kıtır bir yapısı vardır. Baby Corn hafif tatlı ve bitkisel bir tada sahip, yumuşak bir çıtırlıkla ve sulu bir yapıya sahiptir. Ticari amaçla yetiştirildiğinde, Baby Corn koçanı kullanılan mısır çeşidi ya da türü ne olursa olsun benzer nötr bir tat profiline sahiptir. Çünkü olgunlaşmamış koçanlarda tadı belirleyen yüksek nişasta veya şeker seviyeleri henüz gelişmemiştir. Baby Corn hasat edildikten sonra taze olarak değerlendirilecekse kavuzlu veya kavuzu soyulmuş olarak doğrudan restoranlara satılabilir veya tüketici satışı için yerel pazarlara getirilebilir (Şekil 8).

Hasat sonrası elde edilen Baby Corn veriminin kavuzlu olarak 211.7 ile 1435.3 kg/da arasında, kavuzsuz olarak ise 78.4 ile 1036.5 kg/da arasında değiştiği bildirilmektedir (Öktem ve Öktem, 2016). Bazı araştırmalarda kavuzlu Baby Corn verim değerinin 324 ile 1190 kg/da arasında (Rodrigues ve ark. (2003), 760 ile 980 kg/da arasında (Kumar ve Bohra (2014), 485.3 ile 718.7 kg/da (Kasikranan ve ark. (2001) arasında değiştiği belirtilmektedir.

6. Besin Değeri

Olgun mısır besin açısından yoğun olsa da, Baby Corn vitamin ve mineral içeriği tam olarak gelişmeden önce hasat edildiği için besin değeri çok yüksek değildir. Baby Corn sindirim sistemini düzenleyen lif kaynağı bakımından zengindir. Kalorisi düşüktür ve neredeyse hiç yağ içermez. Düşük glisemik indekse sahiptir. Günlük diyetle eklenebilecek sağlıklı yiyeceklerden biridir. Asya mutfaqlarında çok popülerdir ve olmazsa olmaz bir bileşen haline gelmiştir. Yüksek lif içeriği bağırsak hareketlerini düzenlemeye yardımcı olduğu gibi lif tüketildikten sonra sindirimi zaman aldığından çoğu zaman tok tutması sayesinde kilo vermeye yardımcı olabilir. Ayrıca kemikleri ve dişleri güçlendiren az miktarda fosfor içermektedir. Baby corn A, B, C ve E vitaminleri ile folat, tiamin ve pantotetik gibi çeşitli bileşenlerden oluşur (Anonim, 2024f ve g).

Baby Corn bileşiminde; 0.2 mg demir (%1), 2.4 mg C vitamini (%3), 2.3 mcg A Vitamini, 0.3 g Yağ, 1.4 mg Kalsiyum, 23 kcal kalori (%4), 5.3 g karbonhidrat (%4), 0.5 g çözünmeyen lif, 0.7 g protein (%1), 60.7 mg sodyum (%4), 55.3 mg potasyum (%1) bulunmaktadır (Anonim, 2024f). Ancak Baby Corn'un bileşimi genetik, çevresel ve işleme değişkenleri, üreticinin ürün formülasyonundaki değişiklikler ile pişirme ve hazırlama tekniklerine göre değişebilmektedir.

7. Baby Corn'un Sağlık Üzerine Faydaları

Baby corn tüketildiğinde zengin lif içeriği sayesinde sindirimi iyileştirdiği, kabızlığı ve hemoroidi önlediği belirtilmektedir. Cildin daha uzun süre genç kalmasına yardımcı olan antioksidanlar açısından zengin olduğu, zengin bir beta-karoten (A vitamini) kaynağı olduğu, folik asit ve A, B, E ve B-6 vitaminlerini içerdiği, bunun ise gebe kadınlarda fetüs üzerinde olumlu etki yaptığı bildirilmektedir (Anonim, 2024g).

Baby Corn'un glisemik indeksinin normal mısırdan daha düşük olduğu, kan şekerinin dengelenmesine yardımcı olduğu, vücuttaki kötü kolesterol seviyesini düşürerek kardiyovasküler sağlığı desteklediği, potasyum içerdiğinden kan basıncı seviyesini kontrol altında tutmaya yardımcı olduğu, demir içerdiği için yeni kırmızı kan hücrelerinin oluşmasına ve kansızlığın önlenmesine yardımcı olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2024g).

Ayrıca Baby Corn'un kansere neden olan serbest radikallerle savaşan zengin bir antioksidan kaynağı olduğu, diğer pek çok gıdanın aksine pişirildiğinde kullanılabılır antioksidanların miktarının arttığı ifade edilmektedir. Karaciğer kanserinin yanı sıra kolon kanseri ve göğüs kanserine yol açan tümörlerle mücadelede etkili olduğu gösterilen anti-karsinojenik bir madde olan ferulik asit adı verilen fenolik bir bileşiğin zengin bir kaynağı olduğu vurgulanmaktadır (Anonim, 2024g).

8. Hasat Sonrası Bitki Materyallerin Değerlendirilmesi

Baby Corn hasadında 3-4 adet koçanı alındıktan sonra geride kalan biyokütle hayvan beslenmesinde kullanılabilir. Ya da Baby Corn hasadı yapıldıktan sonra bitkinin üst kısmında bulunan bir koçanın olgunlaşmasına izin verilerek tane hasadına da imkân tanınabilir. Bu durumda hem Baby Corn, hem de tane mısırdan ürün alınmış olur. Eğer Baby Corn amacıyla tatlı mısır çeşidi kullanılmışsa, ikincil olarak taze tatlı mısır da üretilebilir.

Ayrıca Baby Corn hasadı sonrasında mısır kavuzları ve koçan püsküllerinin ortalama miktarı 300 ile 550 kg/da arasında değişmektedir (Öktem ve Öktem, 2016). Bu materyal doğranarak hayvanlara taze yem olarak verilebilir. Bu yeme Baby Corn yemi ismi verilmektedir. Mısır kavuzları ve koçan püsküllerinin hayvan yemi olarak kalitesi, sindirilebilirliği ve besleyicilik değeri geleneksel mısır yemine kıyasla daha yüksektir (Bakshi ve ark., 2017a). Baby Corn yemi ve geleneksel mısır yemi karşılaştırıldığında; sırasıyla %94.3 ve %91.8 organik madde (OM), %11.7 ve %8.6 ham protein (CP), %62.0 ve %68.0 nötr deterjan lifi (NDF), %27.0 ve %41.5 asit deterjan lifi (ADF), %24.0 ve %33.0 selüloz, %35.0

ve %26.0 hemiselüloz içerdği görülmektedir. Bu durum baby Corn yeminin kaliteli özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Baby Corn yemi hayvanlar tarafından çok beğenilmekte olup, yetişkin büyük bir inek günde 45-50 kg tüketebilmektedir (Bakshi ve Wadhwa, 2012).

Ayrıca Baby Corn hasadı sonrasında ortaya çıkan mısır kavuzları ve koçan püsküllerinden silaj da yapılabilir. Baby Corn yemi, çukurlarda, tüp silolarda veya balyalarda değişik miktarlarda (60-450 kg) silolanarak muhafaza edilebilir ve ihtiyaç halinde kullanılabilir. Baby Corn yemi kuru madde bazında geniş getirenlerin toplam karışık rasyonuna (TMR) %30'a kadar dahil edilebilmektedir (Bakshi ve ark., 2017b). Baby Corn yemi ile beslenen süt hayvanlarında, geleneksel mısır silajıyla beslenmeye kıyasla daha yüksek süt verimi alındığı bildirilmektedir (Wadhwa ve ark., 2017).

9. Sonuç

Sonuç olarak Baby Corn dünyada ve ülkemizde sevilerek tüketilen ve çok farklı şekillerde, çok farklı yiyeceklerle kombine edilerek tüketilebilen bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle farklı dokusu ve tadıyla menülerde tercih edilmektedir. Zengin lif içeriği nedeniyle sağlıklı besinler arasında yer almaktadır. Ülkemizde de üretiminin ve tüketiminin yaygınlaşması beklenebilir. Tüketicinin yaygınlaşması ve üretimi için talep oluştuğunda, Baby Corn'un yetiştiriciliği ve değerlendirilmesi ile ilgili yeni bilimsel araştırmalara ihtiyaç duyulacaktır.

10. Kaynaklar

- Ahmed, A., Begum, B., Rohman, M.M., & Amiruzzaman, D.M. (2016). Evaluation of inbred lines of baby corn through line x tester method. *Bangladesh Journal Agriculture Research*, 41(2):311-321.
- Anonim 2024a. Grow Your Fresh Vegetables Baby Corn Export Business in India. <https://www.volza.com/p/fresh-vegetables-baby-corn/export/export-from-india/>. Erişim, 06.12.2024.
- Anonim, 2024b. Baby Corn. https://specialtyproduce.com/produce/Baby_Corn_400.php. Erişim, 07.12.2024.
- Anonim, 2024c. What is Baby Corn? <https://www.seriousseats.com/the-story-of-baby-corn>. Erişim, 07.12.2024.
- Anonim, 2024d. Baby corn (*Zea mays*). <https://worldcrops.org/crops/baby-corn>. Erişim, 07.12.2024.
- Anonim, 2024e. How do they get those baby corn cobs? <https://www.quora.com/How-do-they-get-those-baby-corn-cobs>. Erişim, 08.12.2024.
- Anonim, 2024f). Baby Corn NutritionFacts. https://nutrition.umd.edu/label.aspx?RecNumAndPort=903350*1. Erişim, 09.12.2024.
- Anonim, 2024g). Terra's Fresh Baby Corn comes directly from Guatemala onto your plate. Impressive Benefits Of Baby Corn. <https://www.terrafreshfoods.com/post/11-benefits-of-baby-corn-no-4-surprising>. Erişim, 10.12.2024.
- Bakshi, M.P.S. & Wadhwa, M. (2012). Nutritional evaluation of baby corn husk - A new feed source for livestock. *Indian Journal of Animal Science*, 82, 1548-1550.
- Bakshi, M.P.S., Wadhwa, M., & Makkar, H.P.S. (2016). Waste to Worth: Vegetable Wastes as Animal Feed. *CAB Reviews*, 11, 1-26.
- Bakshi, M., Wadhwa M., & Makkar, H. (2017a). Utilization of baby corn by product and waste as livestock feed. *Broadening Horizons*, 44, 1-4.
- Bakshi, MPS, Wadhwa, M., & Balwinder K. (2017b). Nutritional evaluation of buffalo baby corn feed and traditional corn feed. *Livestock Research for Rural Development*, 29:141. <http://www.lrrd.org/lrrd29/7/baks29141.html>
- Bar-Zur, A., & Schaffer, A. (1993). Size and carbohydrate content of ears of baby corn in relation to endosperm type. *American Society Horticulture Science*, 118(1):141-144.
- Galinat, W.C. (1985). Whole ear baby corn, a new way to eat corn. *Northeast Corn Improvement Conference*, 40, 22-27.
- Gosavi S.P., & Bhagat S.B. (2009). Effect of nitrogen levels and spacing on yield attributes, yield and quality parameters of baby corn. *Ann. Agric. Res. New series*, 30(3-4),125-128.

- Kasikranan, S., Jones, H., & Suksri., A. (2001). Growth, yield, qualities and appropriate sizes of eight baby corn cultivars (*Zea mays* L.) for industrial uses grown on oxic paleustults soil, northeast Thailand. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(1), 32-36.
- Kumar, S., & Kalloo, G. (2000). Attributes of maize genotype for baby corn production. *Maize Gen. Cooper. Newl.* 74, 74.
- Kumar, R., & Bohra, J.S. (2014). Effect of NPKS and Zn application on growth, yield, economics and quality of baby corn. *Archives of Agr. Soil Science*, 60(9):1193-1206.
- Miles, C.A., & Zenz, L. (2000). Baby Corn (Report). Farming West of the Cascades. *Pacific Northwest Extension*. PNW0532. hdl:2376/7200.
- Najeeb, S., Rather, A.G., Sheikh, F.A., Ahanger, M.A., & Teli, N.A. (2011). Baby corn (*Zea mays* L.): A means of crop diversification under temperate conditions of Kashmir. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 85 p.
- Öktem, A., & Öktem, A.G. (2016). Effect of different harvesting times to yield and ear characteristics of baby corn obtained from sweet corn. 7th International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2016", pp: 768-774, 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina.
- Wadhwa, M., Kumar, B., & Bakshi, M.P.S. (2017). Nutritional evaluation of siled corn feed as animal feed. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 17: 28-25.
- Pereira, F.I.A., Gama E.E.G., & Furtado A.A.L. (1998a). Production of baby corn. *CNPMS/EMBRAPA Technical Notice* 7:1-4.
- Rodrigues, L.R.F., Silva N., & Mori, E.S. (2003). Baby corn single-cross hybrids yield in two plant densities. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 3(3):177-184.
- Saha, S., Appireddy, G.K., Kundu, S., & Gupta, H.S. (2007). Comparative efficiency of three organic manures at varying rates of its application to baby corn. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 53(5): 507-517.
- Silva, P.S.L., Silva, P.I.B., Sousa, A.K.F., Gurgel, K.M., & Pereira, F.I.A. (2006). Green ear yield and grain yield of maize after harvest of the first ear as baby corn. *Horticulture Brasilia*, 24(2):151-155.
- Wang, Z. (2009). Effect of different schedules of baby corn (*Zea mays* L.) harvests on baby corn yield, grain yield, and economic profit value. Masters Thesis, Western Kentucky University, USA.



BÖLÜM 19

Domates Yetiştiriciliğinde Fusarium Solgunluk Hastalığı ve Kök-Ur Nematoduna Karşı Biyolojik Mücadeleye Dayalı Uyarılmış Dayanıklılık

Şerife Evrim Arıcı¹ & Fatma Gül Göze Özdemir²

¹ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta, <https://orcid.org/0000-0001-5453-5869>

² Doç. Dr. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta, <https://orcid.org/0000-0003-1969-4041>

1. Giriş

Dünyada ve Türkiye’de en fazla üretimi ve tüketimi yapılan sebzelerin başında domates (*Solanum lycopersicum* L.) gelmektedir. Solanaceae familyasına ait domatesin orijini Güney Amerika olup, bitkinin yabancı akrabalarının doğal yayılışı bu yerlerde görülmektedir (Kaya, 2012). Domates besinsel özellikleri nedeniyle hem işlenmiş hem de işlenmemiş formlarda tüketilmektedir (Brookie vd., 2018). Tropik ve subtropik bölgelerde yaygın olarak yetiştirilen domates önemli bir A ve C vitamini kaynağıdır (Weinberger ve Lumpkin, 2005; Fan vd., 2013) (Bawa, 2016; Brookie vd., 2018). İçerdiği antioksidan aktivitesi ve yüksek bileşikler domatesin insan beslenmesindeki önemini artırmaktadır. Domates ve domates ürünleri özellikle likopenin temel kaynağıdır (Sekin vd., 2005). Bu lipofilik bileşik sayesinde, yüksek miktarda domates ürünleri tüketen insanlarda başta prostat kanseri olmak üzere bazı kanser türlerinin oluşma riskinin azaldığı bildirilmektedir (Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2010).

Dünya çapında, toplam domates üretimi yaklaşık 182 Mt ve en büyük üretici Çin (67,5 Mt) olup, onu Hindistan (21,2 Mt), AB (17,9 Mt), Türkiye (13,1 Mt), ABD (10,5 Mt) ve Mısır (6,3 Mt) takip etmektedir (FAOSTAT, 2022). Bununla birlikte, çoğunlukla tropik ülkelerde domates çeşitli abiyotik ve biyotik streslerin saldırısına uğramakta, bu da miktar ve kalitenin yanı sıra karlılığı da azaltmaktadır (Engindeniz ve Öztürk 2013; Swamy Gowda vd., 2018). Virüsler, bakteriler, funguslar, böcek ve nematodlar domates üretimini kısıtlayan en büyük etkenlerdir ve bu etkenler ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır.

Domates yetiştiriciliğindeki başlıca zararlılar; kök- ur nematodları, yaprak galleri güvesi, beyaz sinek, kırmızı örümcek, pas akarı, yaprak biti ve thrips olarak belirlenmiştir (Erdoğan ve Barış 2005). Kök-ur nematodu (*Meloidogyne* spp.) türlerinin domates de dahil olmak üzere çok sayıda tarımsal üründe dünya çapında yüksek düzeyde ekonomik kayba neden olduğu bilinmekte, verim kaybı potansiyeli %25-100 arasında değişmektedir (Seid vd., 2015). Hastalıklar arasında *Fusarium* solgunluğu (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*), *Fusarium* kök çürüklüğü (*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici*), bakteriyel solgunluk (*Ralstonia solanacearum*), erken yanıklık (*Alternaria solani*) ve geç yanıklık (*Phytophthora infestans*) en önemlileridir. Domates mahsulünde özellikle *Fusarium* hastalık etmeni ciddi ürün kayıplarına neden olmakla birlikte, kök-ur nematodları ile aynı bitkide hastalık kompleksleri de oluşturmaktadırlar (Bernard vd., 2017).

Domatesde *Fusarium* solgunluğu ve kök-ur nematodunu baskılamak amacıyla hastalık ve zararlılarla mücadelede kimyasal, kültürel uygulamalar, dayanıklı genotiplerin kullanımı gibi farklı mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Sentetik kimyasal uygulamaları FOL ve kök-ur nematodlarına karşı yayılmasını engellese de girdi üretim maliyetlerini artırmakta ve sebzeler üzerinde kalıntı bırakabilmektedir. Hastalık ve zararlıların bitki üzerindeki etkilerinin azaltılması mücadelesinde kimyasal pestisitlerin bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı sonucunda hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık artabilmekte, insan sağlığı ve çevre olumsuz etkilenmektedir. Bu da çoğu pestisitinin yasaklanmasına yol açmaktadır. Domatesde *Fusarium* solgunluğuna ve nematodların kontrolünde dayanıklı domates çeşitleri kullanılmaktadır. Özellikle hibrit sebze çeşitleri farklı patojenlere ve/veya ırklara karşı çoklu dayanıklılığa sahiptir. Şu ana kadar farklı kaynaklardan FOL'e karşı 15 dayanıklılık geni domateslere aktarılmıştır (Catanzariti vd., 2015; Gonzalez-Cendales vd., 2016; Catanzariti vd., 2017). Domatesde dominant *Mi* geni kök-ur nematodlarına karşı ciddi bir dayanım sağlamıştır. Günümüzde, kültürü yapılan domates bitkilerinde *Mi-1* geni, nükleotid bağlama bölgesi ve lösin açısından zengin tekrar alanları (nucleotide-binding site and leucine-rich repeat domains - NBS-LRR) tipinde bir R proteini kodlar ve, kök-ur nematodunun 3 türüne (*M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria*) karşı dayanıklılık kazandırır (Kaşkavalcı ve Duran Akkurt, 2012; El-Sappah vd., 2019). Ancak, yoğun olarak yetiştirilen domatesde çok sayıda zararlı ve hastalık ekonomik zarara yol açtığından tek bir etmene karşı dayanıklılık yeterli olmamaktadır (Carmona vd., 2020; Qi vd., 2022). Bunun nedenlerinden bir tanesi FOL toprakta veya ürün artıklarında hareketsiz klamidiosporlar formunda kalmaktadır (Khan vd., 2017; Akhtar vd., 2019). Domatesde *Fusarium* solgunluk hastalığının ırklarının olması ve virulent kök-ur nematodu popülasyonunun gelişmesi, yüksek nematod yoğunluğu nedeniyle domatesde FOL'e dayanıklı çeşitlerde hastalık görülebilmektedir (Onkandia vd., 2014; Lobna vd., 2016; Colak-Ates vd., 2018; Göze Özdemir vd., 2022). Diğer bir neden ise kök-ur nematodları çok sayıda türe sahiptir ve geniş bir konukçu yelpazesinde zarar yapmaktadır (Abad vd., 2003; Jones vd., 2013; Jones vd., 2017). Ayrıca kök-ur nematodlarında dayanıklılığı kırabilen virulent kök-ur nematodu popülasyonunun gelişmesi, yüksek nematod yoğunluğu ve toprak sıcaklığının 28°C'nin üzerine çıktığı durumlarda domateslerde *Mi* geninin dayanıklılığın kırılabilir (Onkandia vd., 2014; Bhagawati vd., 2018; El-Sappah vd., 2019). Bazı araştırmacılar *Mi-1* geninin tamamen dayanıklılığını kaybetme sıcaklığını 32°C olduğunu bildirmişlerdir (Jablosnka vd., 2007; El-Sappah vd., 2019; Devran vd., 2023).

Domatesde ciddi ekonomik kayıplara neden olan FOL ve *Meloidogyne* spp. kompleksine karşı biyolojik kontrol etmenlerinin kullanımı ve/veya uyarılmış dayanıklılık gibi alternatif mücadele yöntemleri ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. *Trichoderma* spp., *Glomus* spp., bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) gibi faydalı kök endofitlerin, bitki bağışıklık sistemini uyararak FOL ve kök ur nematodlarının enfeksiyonlarını azaltabileceği belirlenmiştir (Xiang vd., 2017; Ghorbanpour vd., 2018; Pires vd., 2022; Badrbani vd., 2024). Kök hastalıklarına ve zararlılara karşı biyolojik etmenler tarafından bitkilerde uyarılmış dayanıklılık ortaya çıkmaktadır. Uyarılmış dayanıklılık 2 şekilde ortaya çıkar, birincisi bitkiler tarafından Sistemik Kazanılmış Dayanıklılık (SAR), diğeri ise Uyarılmış Sistemik Dayanıklılık (ISR) olarak bilinir. SAR, endojen salisilik asit (SA)'in erken artışı ve patojenezle ilişkili (PR) proteinlerin birikimi ile karakterize edilir. Kök-ur nematodu enfeksiyonunun dayanıklı domates bitkisinin sürgününde SAR'ı ortaya çıkardığı ve konukçu SA sinyalinin baskılanmasının parazitizminin başarılı bir şekilde gelişmesiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Molinari vd., 2014). Ayrıca bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), *Trichoderma* spp. veya mikorizal funguslar gibi simbiyotik mikroorganizmalar tarafından ISR tetiklenir, patojenezle ilişkili proteinlerin (Pathogenesis-related proteins-PR proteinlerinin; PR-protein) ekspresyonunu içermez ve bitki büyüme düzenleyicileri, jasmonik asit (JA) ve etilenin (ET) anahtar rol oynadığı bir sinyal yolu tarafından aracılık edilir (Wondafraşetal vd. 2013). Hazırlanan bu derlemede *Fusarium oysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL) ve kök-ur nematodları hastalık kompleksi ve bu etmenlere karşı domates bitkisinde bazı biyolojik etmenlerin oluşturduğu uyarılmış dayanıklılık irdelenmiştir.

2. *Fusarium oysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL)

Fusarium cinsi, çok sayıda tarımsal ürünleri enfekte eden, solgunluklara ve çürümelere neden olan, her yerde bulunan toprak kaynaklı bir patojendir (Bodah, 2017). Bitki patojenleri olarak, *Fusarium* türleri önemli ekonomik hasarlara ve hasat kayıplarına neden olur, *Fusarium* spp.'nin 145'ten fazla farklı *Fusarium* türü vardır ve bunların yaklaşık yedide biri toksin üretir (Nelson vd., 1994; Ma vd., 2013; Nikitin vd., 2023).

Fusarium cinsi içinde, *Fusarium oxysporum* (Fo) başlıca fungus fitopatojenlerini içerir (Gordon ve Martyn, 1997). Domateste *Fusarium oysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL)'nin neden olduğu *Fusarium* solgunluk hastalığı dünyadaki en yıkıcı domates hastalıklarından biridir. FOL ilk olarak 1895 yılında İngiltere'de tanımlanmış ve o zamandan beri 40'tan fazla ülkede bulunmuştur. FOL çoğu sıcak iklim koşullarına sahip olan en az 32 ülkede rapor edilmiştir (Saremi ve Saremi, 2013). Hastalığın başlangıcı sırasında, patojen kortikal hücrelere kolonize olur ve

vasküler parankima ve ksilemi istila eder. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL), FOL'e benzer semptomlara neden olan başka bir patojendir, ancak domates bitkilerinin damar sisteminden daha çok taç ve köklerine saldırır (McGovern, 2015).

Üç fizyolojik ırka sahip olan FOL (0, 1, 2) duyarlı domates bitkilerinde hem tarla hem de sera koşullarında dünya çapındaki toplam üretimin %50-90'ına kadar azaltabilmektedir (Sathiyabama ve Charles, 2015; Borisade vd., 2017; Iqbal vd., 2019). Patojen bitkileri farklı aşamalarda enfekte edebilir. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* epidermal hücreler yoluyla köke girer ve hastalığın ilerlemesi sırasında vasküler doku yoluyla yayılarak ksilem içinde kolonize olur ve onu bloke eder, bu da şiddetli su stresine daha sonra da bitkide solgunluk görünümüne neden olur (Singh vd., 2017). Enfeksiyonu görselleştirmenin ve tanımlamanın en iyi yolu, ksilemde yoğun kahverengi bir rengin gözlemlendiği domates sapının kesimini incelemektir (Gonzalez-Cendales vd., 2016). İç semptomlar, miselyumun kök yüzeyine yapışmasıyla başlar. Miselyum hücreler arası olarak kökün kortikal dokusunu istila eder ve ksilemde yalnızca ksilem çukurları yoluyla girer ve ksilemde hızla kolonize olur. Patojen, yapay besi ortamı üzerinde pembe, turuncu ve mor pigmentasyona sahip beyazımsı miselyum üretir. FOL üç tip aseksüel spor üretebilir: makro-konidia, mikro-konidia ve klamidospor. Makrokonidia, 3-7 septalı, orak şeklinde, uzun, ince duvarlı sporlardır. Mikrokonidia tek hücreli, bol ve oval veya elipsoidal şekilli küçük sporlardır (Sajeena vd., 2020). Küçük monophialidler üzerinde mikrokonidia üretimi FOL'un benzersiz bir özelliğidir. FOL, toprak yollarla, kontamine tarım ekipmanları ve sulama suyu yoluyla yayılır (Agrios 2005; Ajilogba ve Babalola, 2013; Ravindra vd., 2015). Sıcaklıkla birlikte (21-33°C) yüksek nem, kumlu asitli topraklar, domatesteste hastalık gelişimini kolaylaştırır (Debbi vd., 2018). Düşük toprak pH'ı (5.5-6.5) ve amonyum bazlı gübre kullanımı gibi faktörler de hastalığın şiddetinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Sharma vd., 2011; McGovern, 2015). Yuvarlak klamidosporlar, çift veya tek olarak üretilen, eski agar kültüründe 2 ila 4 hafta içinde doğal olarak oluşan, kalın duvarlı, hareketsiz sporlardır. Toprakta ve ürün artıklarında FOL hareketsiz klamidosporlar varlığı ve geniş konukçu yelpazesi ile çeşitli bitki türlerinde ve toprak kalıntılarındaki 10-15 yıl boyunca hayatta kalabilir (Bawa, 2016). Bu da hastalık yönetimini oldukça zorlaştırmaktadır (Mandal vd., 2009; Khan vd., 2017).

Fusarium cinsinin üyeleri, antimikrobiyal ve sitotoksik özelliklere sahip alkaloidler, poliketidler, seskiterpenler, karotenoidler, siklopentanon, antrakınon ve naftokinon türevlerini içeren ikincil metabolitler üretir (Manici vd., 2017). Hasat öncesi ve hasat sırasında olası verim kayıplarına rağmen, çok az *Fusarium* spp.

uygun koşullar altında (örn. yüksek nem, nem ve yüksek sıcaklık ile birlikte kötü depolama koşulları) gıda ürünlerinde mikotoksin (beauvericin; deoxynivalenol; enniatin B fumonisin B1; molds; zearalenone vb) üretir (Chandra Nayaka vd., 2008; Mudili vd., 2014; Bertero vd., 2018). Memelilerde ve diğer canlılarda fumonisinleri de içeren Fusarium toksinleri çok sayıda hastalığa neden olmaktadır (Venkataramana vd., 2014; LeBlanc vd., 2017; Kumar vd., 2016 Kalagatur vd., 2021). Solgunluk patojeni FOL, toprakta yaşayan ve her yerde bulunabilen fungusdur (Nicholas vd., 2017; Adhikari vd., 2020; Srinivas vd., 2019). FOL'un patojenitesi ve virülensliği, fusarik asit, likomarasmin, fuminosin vb. gibi çeşitli kimyasal efektörler ile ilişkilidir.

Enfeksiyon sırasında bitki hücrelerinde protein ürünleri salgılanan çeşitli FOL genleri tanımlanmıştır. FOL enfeksiyonu sırasında kolonizasyonu kolaylaştırmak için ksilemde SIX (Secreted In Xylem) efektör proteinini salgılar. Ksilemde salgılanan (SIX) proteinleri ilk olarak FOL ile enfekte olmuş domatesin ksileminde bildirilmiştir (Rep vd., 2002). Toplamda, FOL'de şu ana kadar ondört SIX protein tanımlanmıştır ve bu proteinlerin çoğunun işlevleri bilinmemektedir. Bu proteinlerden üçü (SIX1/SIX3/SIX4), direnç oluşturmak için domates genleriyle (I/I-1/I-2/I-3) etkileşime girebilir. Genomik analiz, SIX genlerinin çoğunun öncelikle ırklar arasında transfer olabilen fazladan patojenite kromozomlarında yer aldığını göstermiştir. Küçük ve sistein açısından zengin SIX1, FOL tarafından domates ksilem içerisinde çoğalma sırasında salgılanmış ve tamamen duyarlı bir domates genotipinde virülans için gerekli koşullar olmuştur. FOL'de gerçekleştirilen kapsamlı araştırmalara rağmen, FOL dışında SIX genlerinin patojenitesindeki olası rolü hakkında çok az araştırma yapılmıştır. (Schmidt vd., 2013; Ma vd., 2015; Di vd., 2017; Srinivas vd., 2019; Sun vd., 2022. Awu, vd., 2023).

3. Kök-ur Nematodları (*Meloidogyne* spp.)

Kök-ur nematodları, yaklaşık 3000 konukçu bitkide zarar oluşturan, obligat ve sabit endoparazit beslenme yeteneğinde olan mikroskopik canlılardır (Usman ve Siddiqui, 2012). Geniş dağılımları ve geniş konukçu dizisi mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Genç bitkiler kök-ur nematoduna karşı daha savunmasızken, olgun bitkiler düşük kaliteli meyveler üretebilmektedir (Israr vd., 2021). *Meloidogyne* cinsinin dünya çapında çok çeşitli üründe enfeksiyon yaptığı bilinen 100'ün üzerinde türü bulunmaktadır (Moens vd., 2009) ve köklerde oluşturdukları kanser oluşumları en karakteristik belirtileridir (Truong vd., 2015). Kök sisteminde oluşan bu kanserli alanlar gal olarak dışardan gözükmemekte ve köklerin su ve mineralleri kullanma etkinliğini azaltan kök işlev bozukluğuna yol açmaktadır, bunun sonucunda bitki bodurlaşır, solar ve sonuçta ciddi verim kayıpları meydana gelir (Forghani ve Hajihassani ,2020; Gohar vd., 2023). Kök-ur nematodlarının dünya

çapında sebze yetiştiriciliğinde önemli verim kayıplarına neden olduğu bilinmektedir. Domateste ise %68'e kadar verim kaybına neden olduğu rapor edilmiştir (Salazar-Antón ve Guzmán-Hernández, 2013; Khan vd., 2019).

Kök-ur nematodlarının yaşam döngüsü, dışilerin jelatinimsi koruyucu bir matriste yumurta bırakmasıyla başlar ve bu yumurta paketleri genellikle kök yüzeyinde veya bitkinin gal dokusunda görünmektedir (Jones vd., 2013). Erkekler doğaları gereği parazitik olmadıkları için toprakta serbestçe bulunurlar. İlk deri değişimi yumurtanın içinde embriyogeneze den sonra gerçekleşir ve ikinci dönem larvalar (L2) oluşur (Abad vd., 2008). Yumurtadan L2 olarak çıkış olur (Ahmad vd., 2021). Stilet, kök enfeksiyonlarında nematodların kök hücrelerine nüfuz etmesine, köke tutunmasına ve beslenmesine yardımcı olmaktadır. Gal oluşumu nematod beslenmesinde ve yaşam döngülerini tamamlamaları için vazgeçilmez bir olaydır. Kök-ur nematodlarının infektif 2. dönem larvaları, beslenme hücresi oluşturduktan sonra yoğun beslenmeye başlar. İkinci deri değişiminden sonra üçüncü dönem larvalar (L3) oluşur ve ardından sonraki deri değişimi dördüncü dönem larvaları (L4) oluşturur. Bulaşık bitkiler, gelişme geriliği, besin element noksanlığı, solma ve sararma belirtileri gösterir. Çiçeklerin açması daha uzun zaman alır ve verim ciddi düşer. Bitki erken gelişim aşamasında nematod istilasına uğrarsa verim kaybı daha büyük olur (Nguyễn vd., 2014; Song vd., 2023).

Kök-ur nematodlarının larvaları penetrasyon için kök yüzeyinde delikler açar, kök içerisine girer, uygun bir konukçu hücre grubu bulduğunda kendilerini sabitleyip özelleşmiş beslenme hücrelerini oluşturarak tüm hayatlarını aynı noktada geçirirler (Khan vd., 2008). Kök-ur nematodlarının oluşturdukları bu beslenme galeri *Fusarium* ve diğer sekonder patojenlerin enfeksiyonunu olumlu yönde etkileyen bir substrat olarak konukçuda bazı değişikliklere veya modifikasyonlara neden olur.

4. *Fusarium* Solgunluk Etmenleri ve *Meloidogyne* spp. İnteraksiyonu

Kök-ur nematodları diğer hastalık etmenlerinin de bitkilerde dolaylı zarar yapmalarına neden olmaktadır. Normal şartlarda enfeksiyona neden olamayan toprak kaynaklı hastalık etkenleri, nematodlardan zarar gören bitkilerde kolaylıkla bulaşabilmektedir. Nematod ve fungus etkileşimi üzerine yapılan çeşitli çalışmalarda, nematod varlığında fungus patojenlerinin daha erken gözleendiği ve şiddetlerinin arttığı rapor edilmiştir (Zhang vd., 2020). Nematod enfeksiyonu domates bitkisinin *Fusarium*, *Ralstonia solanacearum* ve *Pythium*'a karşı hassasiyetini de artırmıştır (Rivera ve Aballay, 2008). Domatesde kök-ur nematodları ve *Fusarium* solgunluk patojenleri arasındaki sinerjistik etkileşim, fungus veya nematodun tek

başına neden olduğu kayıplardan daha ciddi kayıplara neden olur. *Fusarium solgunluğu-kök-ur* nematodu kompleksi kök sisteminin işlevini (su ve mineral alımını) etkilediğinden, dünyada en yaygın olarak tanınan ve ekonomik açıdan önemli hastalık komplekslerinden biridir (Meena vd., 2015). Nematod ve fungus domatesi aynı anda enfekte ederek *Fusarium solgunluğunun* görülme sıklığını ve şiddetini artıran bir kompleks oluşturur. Domatesde *Fusarium solgunluk* hastalığının ırklarının olması ve virulent kök-ur nematodu popülasyonunun gelişmesi, yüksek nematod yoğunluğu nedeniyle domatesde FOL'e dayanıklı çeşitlerde hastalık görülebilmektedir (Onkandia vd, 2014; Lobna vd., 2016; Colak-Ates vd., 2018; Göze Özdemir vd., 2022). *Meloidogyne* türlerinin varlığı domates çeşitlerinde *fusarium solgunluğuna* karşı dayanıklılığı büyük ölçüde azaltmaktadır. Atkinson (1892) bitki paraziti nematodlarının neden olduğu enfeksiyonun konukçu dayanıklılığını kırabileceği veya fungusların neden olduğu bitki hastalıklarının şiddetini artırabileceğini ilk kez tespit eden kişidir. Domatesde FOL'e karşı olan dayanıklılık mekanizmasının kırılmasının nedeni olarak *M. incognita* ile enfekte olmuş bitkinin kök kısmında kök-ur nematodların beslendiği hücreler yüksek konsantrasyonlarda hemiselüloz, organik asitler, serbest amino asitler, proteinler ve lipidler içermesi, domates bitkilerinin *Fusarium solgunluğuna* yatkınlığına katkıda bulunduğu öne sürülmüştür (Huang, 1985; Yitayih vd., 2020; Khan ve Sharma, 2020). Ek olarak nematod enfeksiyonu fungisidal fitoaleksinleri nötralize edebilen veya denatüre edebilen bazı biyokimyasalların sentezini başlatır. *Meloidogyne incognita* ile enfekte edilmiş domates köklerinden elde edilen saflaştırılmış özütler içerisinde sağlıklı bitkilerde normalde bulunan bir antifungal madde olan rishitin görülmemiştir (Noguera ve Smits ,1982). Bir domates çeşidinin solgunluk fungusuna karşı direncinin kaybı rishitin üretiminin inhibisyonuna bağlanmıştır. Kök-ur nematodları tarafından tiloz oluşumunun inhibisyonu, solgunluk şiddetindeki artış için başka bir olası açıklamadır (Webster 1985). Başka araştırmacılar ise bu durumu nematodla enfekte olmuş bitkide meydana gelen morfolojik ve fizyolojik değişikliklerle ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir (Stirling 1991; Sikora 1992; Mwangi, 2018).

Kök-ur nematodu ile *F. oxysporum* arasındaki etkileşim, muz (Khan ve Sharma, 2020), pamuk (Wagner vd., 2022), ceviz (Guerrero Abad vd., 2021) gibi diğer mahsullerde de belirtilmiştir. Bowan ve Bloom (1966), fungus inokulasyonu öncesi nematod uygulamalarında *M. incognita*'nın domateslerde *Fusarium solgunluk* direncini kırdığını bildirmişlerdir. Porter ve Powell (1967) fungusdan önce nematod uygulandığında tütün bitkisinde çok şiddetli solgunluk yaşandığını belirtmişlerdir. *Meleiodogyne javanica* ile *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* (FOC) arasındaki interaksyonu belirlemek amacıyla nohut çeşitlerinde yapılan

bir çalışmada, fungus ve nematod eş zamanlı ve ardışık olarak uygulanmıştır. Yapılan bu uygulamalarda iki patojen arasında sinerjistik bir etkileşimin meydana geldiği, ardışık uygulamalarla karşılaştırıldığında eş zamanlı uygulamalarda sinerjik etkinin daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Maheswari vd., 1997). Sonuç olarak nematodlar ve bitki patojeni funguslar arasındaki sinerjistik etkileşim bitkide daha yüksek hasara yol açmaktadır (Khan, 2006).

5. Fusarium Solgunluğu ve Kök-ur Nematodlarına Karşı Biyolojik Mücadeleye Dayalı Uyarılmış Dayanıklılık ve Kullanımı

Toprak kaynaklı patojen mücadelesinde etkinliğin artırılması için sistemin bir bütün olarak ele alınması ve dayanıklı çeşitlerin seçiminin yanı sıra çevre direncinin korunmasına yönelik kombine mücadele uygulamalarının kullanılması gerekmektedir. Günümüzde nematodlara karşı kullanılan dayanıklı bitkilerin, virülent nematod popülasyonların gelişmesi ve toprak sıcaklığının 28°C'nin üzerine çıktığı durumlarda dayanıklılığın kırılması, aynı zamanda domatesde FOL'e dayanıklı domates çeşitlerinin kök-ur nematodunun varlığı nedeniyle dayanımın kırılması gibi nedenler, domatesde FOL hastalığına ve kök-ur nematoduna karşı mücadeleye yönelik çalışmaların gerekliliğini ortaya koymuş, Fusarium solgunluğu-kök-ur nematodunun mücadelesinde alternatif, sürdürülebilir ve çevre dostu yöntemlerin araştırılmasını zorunlu kılmıştır. Biyolojik mücadele etmenleri ve bu etmenlere dayalı uyarılmış dayanıklılık, alternatif mücadele içerisinde yer almaktadır.

Bitkilerde ortaya çıkan uyarılmış dayanıklılık sırasıyla uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) ve sistemik kazanılmış dayanıklılık (SAR) olarak ikiye ayrılabilir (Annapurna vd., 2013; Kample vd., 2020; Yu vd., 2022; El Saadony vd., 2022). SAR ilk olarak 1961'de keşfedilmiştir ve SA birikimi ve PR genlerin aktivasyon ekspresyonu ile öne çıkan SA bağımlı bir bitki savunması olarak tanımlanmıştır (Ross, 1961). SAR patojenden gelen ırka özgü avirulent (AVR) geninin, aynı kökenli bitkideki bulunan dayanıklı genin (R) etkileşimini (gene karşı gen) içerir. Bu, ilgili ve ilgisiz patojenlerin neden olduğu ikincil enfeksiyonlara karşı bağımsızlık sağlamak için sistemik dokularda sistemik kazanılmış dayanıklılığı (SAR) başlatır (Durrant ve Dong, 2004; Klessig vd., 2018). Hem kimyasal hem de biyolojik uyarıcılar tarafından tetiklenebilen SAR, PR-proteini içerir ve fitohormon SA tarafından aracılık edilir. PR genleri birçok bitki türünde sistemik kazanılmış dayanıklılık için işaretleyici genler olarak sıklıkla kullanılmaktadır. PR genlerinin uyarılması hastalık saldırılarına karşı bitki kaynaklı savunma tepkilerinin bir göstergesi olduğu bildirilmektedir (Mazarei vd., 2011; Kamle vd., 2020). Tipik

olarak abiyotik stres veya bitki gelişim süreçleriyle ilişkili olan bitki büyüme düzenleyicileri absisik asit (ABA), gibberellik asit (GA), sitokin (CK), oksin (IAA) ve brassinosteroidler (BR) aynı zamanda bitki bağışıklığı ve büyüme/gelişmesinde de rol oynar. SAR, (hemi) biyotrofik patojenlere ve zararlılara karşı uzun süreli dayanıklılık sağlar. Kök-ur nematodu enfeksiyonunun dayanıklı domates bitkisinin sürgününde SAR'ı ortaya çıkardığı ve konukçu SA sinyalinin baskılanmasının parazitizminin başarılı bir şekilde gelişmesiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Molinari vd., 2014). Ayrıca, SA, kök-ur nematodlarına karşı etkili olan *Mi* geni aracılı dayanıklılığın bir parçasıdır, ancak duyarlı domates bitkilerindeki tepkilere katılımı iyi bilinmemektedir (Branch vd., 2004; Pocurull vd., 2020).

Uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) bitki kökünün patojenik olmayan rizosfer mikroorganizmaları tarafından aktive edilir. Genellikle bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ve *Trichoderma* spp. ile mikorizal funguslar gibi simbiyotik mikroorganizmalara atfedilen ISR, fitohormonal sinyal olarak ET ve JA mekanizmalarını indükler (Wondafrashetal., 2013). PR proteinlerinin ekspresyonunu içermez, PR gen ekspresyonundaki değişikliklerle ilişkili değildir ve esas olarak nekrotrofik patojenlere ve otçul böceklerle karşı etkilidir (Yu vd., 2022). Üç araştırma grubu 1991 yılında, faydalı mikroorganizmaların ISR yoluyla bitki bağışıklığını arttırdığını kanıtlamıştır (Ward vd., 1991; Smith vd., 1991; Wei vd., 1991).

SAR ve ISR mekanizmaları farklı fitohormonal sinyallere dayanmaktadır. SAR sinyalleme kademesi, mikropla ilgili moleküler yapılar (Microbe Associated Molecular Patterns –MAMPs) tarafından veya efektör tarafından tetiklenen bağışıklığa yol açan patojen efektörler tarafından tetiklenir. Daha sonra enfekte olmamış dokulardaki savunma SA 'ya bağlı bir şekilde indüklenir ve çok çeşitli patojenlere karşı etki eder (Spoel ve Dong, 2012). Patojenlerin neden olduğu SAR'ın aksine, ISR yararlı mikroorganizmalar tarafından sağlanır. Köklerle etkileşime girerek tüm bitkinin stres etkenlerine karşı daha dayanıklı veya toleranslı olmasını sağlarlar (Haney vd., 2018). Genel olarak, JA ve türevleri, özellikle JA-İzolösin (JA-Ile), temel bitki büyüme düzenleyicileri ve bunların sinyal yolları, etilen (nekrotrofik patojenlere karşı savunma) veya absisik asit (otçullara karşı) tarafından modüle edilir (Pieterse ve Van Wees, 2012; Pieterse vd., 2014). Öte yandan, JA uygulaması *Mi* geni direncini artırır ve duyarlı domates bitkilerinde *M. javanica* üremesini azaltır (Cooper vd., 2005; Song vd., 2020).

Genel olarak toprak patojenlerine karşı kullanılan biyolojik etmenler ISR'yi tetikler. Biyolojik etmenler, konukçu bitkilerin savunma tepkilerini farklı şekilde uyarabilir, böylece bitkilere birden fazla patojene karşı dayanıklılık kazandırabilir. Son araştırmalar, biyolojik etmenlerin bunlarla sınırlı olmamak üzere, PR

genlerinin ekspresyonunun artması, fenilalanin amonyak-liyaz (PAL), polifenol oksidaz (PPO) gibi savunmayla ilgili bileşiklerin aktivitelerinin arttığı, daha sonra POD, β -1, 3 glukanaaz, kitinaaz ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikmesinin ISR'yi indüklediğini ileri sürmektedir (Kamle vd., 2020; Sharma vd., 2024). Bu mekanizmalara bağlı olarak biyolojik etmenler uygulanmış bitkilerde biyotik veya abiyotik stres altında, süperoksit anyonu (O_2^-), hidroksil radikali (OH), hidrojen peroksit (H_2O_2) vb. dahil olmak üzere çok sayıda ROS üretmektedir (Sharma vd., 2024). ROS'un indüksiyonu, patojenlere karşı bağışıklık, programlanmış hücre ölümü ve stoma kapanması dahil olmak üzere çeşitli süreçlerin kontrolünde önemli bir sinyaldir. Reaktif oksijen türlerinin (ROS) içerikleri, bitki dokularında hasara, lipid ve proteinin bozulmasına, DNA mutasyonuna, hücre organelinin bozulmasına ve fotosentetik aparatın bozulmasına neden olabilecektir. Ancak ROS birikimi aynı zamanda doku hücreleri hasarına da neden olmaktadır. Bu nedenle, ROS'un enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlarla etkili bir şekilde temizlenmesi gereklidir. Bitkilerdeki enzimatik ROS temizleme mekanizmaları, ROS'a karşı savunma için gerekli olan peroksidaz (POX), polifenol oksidaz (PPO), süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon peroksidaz (GPX), Glutatyon S-transferaz (GST) ve katalaz (CAT) olarak koruyucu oksidatif enzimleri üretirler (Das vd., 2016; Azar-badi vd., 2017; Sahu vd., 2022).

Toprak kökenli patojenler için biyolojik mücadele etmenleri, bitki kökleri ile etkileşime giren ve bitki sağlığını iyileştiren faydalı toprak kaynaklı mikroorganizmalardır. *Trichoderma* spp., Arbüsküler mikorizal funguslar, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., Ektomikorizalar, Mayalar ve bazı patojenlerin avirulent/hipovirulent ırkları, aynı zamanda uyarılmış dayanıklılık yoluyla biyokontrol kapasitesine sahip başlıca faydalı mikroorganizmalardır (Martínez-Medina vd., 2013; Ghorbanpour vd., 2018). Kökle ilişkili biyolojik mikroorganizmalar üç ana gruba ayrılabilir: Biyo-Kontrol Funguslar (BKF), Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF) ve Bitki Büyümesini Teşvik eden Rizobakteriler (PGPR). BKF, çoğu bitkinin köklerinde kolonileşebilen, bitki patojenlerinin ve parazitlerin enfeksiyonunu azaltan ve stres altındaki bitkilerde pozitif tepkileri teşvik eden fırsatçı fungus sınıflarını içerir, en iyi bilineni *Trichoderma* spp.'dir. AMF, çoğu toprakta yaygın olarak bulunan, bitki büyümesini iyileştiren ve hem abiyotik hem de biyotik bitki streslerini hafifletebilen zorunlu kök simbiyotlarıdır. *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. ve *Streptomyces* spp. gibi rizosfer bakterilerinin çeşitli türleri bitki büyümesini artırabilir ve sağlığı iyileştirebilir (Tariq vd., 2020; Cai vd., 2021; El-Saadony vd., 2022). Biyolojik preparatlar bitkinin kök bölgesinde hızlı bir şekilde kolonize olur, mikrobiyal denge içinde hızlı bir şekilde yayılmasını

sağlar, bitki sağlığını ve kök gelişimini teşvik eder, mikroflora ile çeşitli mekanizmaların kullanılmasıyla patojenin kontrollüne karşı rekabetçi özellik gösterir, fitopatojenlerin büyümesini doğrudan bastırır, hiperparazit ve antagonistik özellikler içerirler, köklerden uyarılmış dayanıklılığı teşvik ederler (Walters vd., 2013; Singh vd., 2020). Biyolojik kontrol etmenleri özellikle dayanıklı bitkilerde uyarılmış dayanıklılığı teşvik eder, çok sayıda hücrede, SOD, peroksidaz (POD), fenilalanin amonyak-liyaz (PAL), β -1,3-glukanaz, polifenol oksidaz (PPO) dahil savunma/oksidatif enzimlere, çok sayıda ikincil metabolitin üretilmesini sağlar (Chowdappa vd., 2013; Pandey vd., 2023). Bitkilerdeki bağışıklık tepkisi, bitki büyüme düzenleyici olarak bilinen SA, JA ve ET gibi birkaç molekülün salgılanmasıyla düzenlenir. Ayrıca bu bitki büyüme düzenleyicileri üreme ve tohum üretimi, fotosentez, çiçeklenme ve çevresel abiyotik zorluklara tepki gibi bitki yaşamının birçok yönünü de düzenler (Nguvo ve Gao, 2019). Biyolojik mücadele etmenlerinin (*Trichoderma* spp. *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas* spp. Arbüsküler mikoriza gibi) domates üretim sistemlerinde FOL ve kök-ur nematodlarına dayanıklı bitkilerle birlikte topraktan kaynaklanan hastalıkların yönetiminde entegre olabileceği düşünülmektedir.

6. Uyarılmış Dayanıklılığı Teşvik Eden Bazı Mikroorganizmalar

Trichoderma spp.

Büyümeyi teşvik eden funguslar arasında *Trichoderma* spp. toprakta ve kök ekosistemlerinde bulunan, potansiyel olarak tarımsal mahsulün iyileştirilmesi için en yaygın kullanılan organizmalardır (Abdelrahman vd., 2016). *Trichoderma* spp., Ascomycetes içerisinde yer alan Hypocreaceae familyası içindeki, pigmentasyonu koyudan açık yeşile kadar değişebilen büyük miktarda konidia üreten, hızlı büyümeyle karakterize edilen fungusları içerir (Martínez vd., 2013; Martínez vd., 2017; Martínez vd., 2017). *Trichoderma* spp. konidia ve klamidosporların üretimi yoluyla eşeysiz olarak ve askosporlar ile eşeyli olarak çoğalır (Mukherjee vd., 2012). Kutuplardan ekvator enlemlerine kadar çok çeşitli iklim bölgelerindeki farklı habitatlarda doğal olarak bulunurlar; dolayısıyla topraktan en çok izole edilen funguslardır (Martínez vd., 2016). *Trichoderma* spp., bitki rizosferinin yanı sıra, çürüyen bitki materyalinin mevcut olduğu her yerde bulunabilirler (López-Bucio vd., 2015). Bitkilerin köklerinde kolonize olurlar, hormonlar, çözünür şekerler, fenolik bileşikler ve amino asitler, fotosentetik oran, terleme ve su içeriği ve sekonder metabolitleri (ksilanazlar, peptidoller, epipolitiiodoksopiperazinler, uçucu ve uçucu olmayan terpenler, pironlar, poliketidler, sideroforlar ve rizosfer gösterisinde salınan cerato-plataninler vb.) ile bitki metabolizmasını desteklerler (Yedidia vd., 2003; Brotman vd., 2012). Ayrıca *Tricho-*

derma bitki büyümesini ve hastalık direncini artırıcı etkisi ve besin kullanım etkinliğini iyileştirmesi ile verimliliği artırıcı etkiye sahiptir. *Trichoderma* spp. fitopatojenlere karşı güçlü antagonistik ve mikoparazitik etkilere sahiptir ve bu nedenle bitkilerde hastalık şiddetini azaltabilmektedir. Bu türlerin tohum, kök veya toprak uygulamaları şeklinde uygulanması, besin elementlerinin alımını iyileştirir, toprağın verimliliğini artırır ve biyopestisit görevi gören büyümeyi teşvik eden maddelerin ve biyoaktif metabolitlerin üretimini artırır (Elsharkawy vd., 2013; Ferreira ve Musumeci 2021). *Trichoderma*, bitkilerde hastalıklara karşı ISR, SAR ile patojenlerin biyolojik kontrolünü sağlamaktadır. *Trichoderma* spp.'nin biyokontrol aktivitesinde yer alan başlıca mekanizmalar yer ve besin maddeleri için rekabet, güçlü antagonistik ve mikoparazitik etkiler ve hidrolitik enzimlerin, kitinaz ve β -1,3-glukanaz üretimi bulunmaktadır (Kotasthane vd., 2015; Kamle vd., 2020; Guzmán-Guzmán, 2023; Sharma vd., 2024). *Trichoderma* spp., sadece bitki hastalıklarına karşı değil kök-ur nematodlarına, aynı zamanda hem yumurta hem de larvaların doğrudan parazitlenmesiyle kist oluşturan nematodlara karşı da biyolojik mücadele etmeni olarak önemli bir potansiyele sahiptir (Fan vd., 2020). Önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlarda, *T. atroviride*, *T. viride*, *T. asperellum* ve *T. harzianum* dahil olmak üzere farklı *Trichoderma* türlerinin kök-ur nematodlarına karşı önemli biyolojik kontrol etmenleri olduğu gösterilmiştir (TariqJaveed vd., 2021; Pires vd., 2022). Domates bitkilerinde *T. harzianum* (T10) kök-ur nematodu enfeksiyonu üzerine peroksidaz ve fenoloksidaz aktivitesini tutarlı bir şekilde arttırmıştır (Selim vd.,2014). Sahebani ve Hadavi (2008), *T. harzianum* ile aşılanmış domates tohumlarının kullanıldığı serada *M. javanica*'nın bitki başına düşen gal sayısı, yumurta paketi sayısı ve her yumurta paketindeki yumurta sayısı gibi parametreleri etkilediğini bildirmiştir. Fungus sporlarını içeren kültür süspansiyonunun toprağa uygulanması, L2 popülasyonunu olumsuz etkilerken bitki büyümesini etkili bir şekilde artırmıştır (Khan vd., 2018). Mikroskobik gözlemler, *T. longibrachiatum* T6'nın, nematod yumurtalarının ve L2'lerini inhibe ettiğini göstermiştir (Zhu vd., 2022; Zhang vd., 2022). Bazı çalışmalar, *Trichoderma*'nın serin proteaz PR-1'inin nematofag fungusların proteini PR-1'e benzer biyokimyasal özelliklere sahip olduğunu ve bu nedenle belirli bir nematod inhibisyon etkisine sahip olduğunu ileri sürmektedir (Forghani ve Hajihassani, 2020). *Trichoderma* tarafından üretilen antimikrobiyal peptitler de nematosit etkiye sahiptir (Fan vd., 2020). Kök-ur nematodu yumurtalarının açılmasında buğday besiyeri ve katı besiyerindeki *T. viride* sekonder metabolitlerinin inhibisyon oranı sırasıyla %71,6 ve %67,3 olarak bulunmuştur (Baazeem vd., 2021).

Arbüsküler mikorizal funguslar (AMF)

Arbüsküler mikorizal funguslar (AMF), kara bitkilerinin büyük çoğunluğuyla simbiyotik ilişkiler oluşturan zorunlu biyotroflardır. Bu kök ortak yaşamları, bitkiler tarafından sağlanan fotosentatlar, yani şekerler ve lipitler; karşılığında bitkiye topraktan mineral besinleri [özellikle fosfor (P)] sağlar (Keymer vd., 2017). Konukçu ve fungus arasındaki karbon-mineral alışverişi, arbuskül olarak bilinen kortikal kök hücrelerinin içindeki oldukça dallanmış fungus yapıları aracılığıyla gerçekleşir (Parniske, 2008; Baum vd., 2015). Bunun karşılığında konukçularından fotosentetik karbon alırlar (Gianinazzi vd., 2010). AMF, besin maddelerinin yanı sıra, düşük hidrolik eğimden de su alma kapasitesine sahiptir ve bitkilerin kuraklığa dayanmasına yardımcı olur (Aug'e vd., 2014). Ek olarak AMF, konukçu bitkilerin sıcaklık (Bainard vd., 2014), tuzluluk (Hashem vd., 2018), ağır metal kirliliği (Miransari, 2017) gibi diğer abiyotik streslerle başa çıkmasını destekler. AMF dolaylı ve doğrudan yollarla hastalık kontrolünü teşvik eder (Song vd., 2020; Qin vd., 2021). Mikoriza fungusları, bitki besin alımının artması, kök morfolojisi ve yapısında değişiklik yapılması ve konukçu bitkileri yer ve besin açısından diğer bitkilere göre daha rekabetçi hale getiren rizosfer etkileşiminin değişmesi gibi birçok aktivite yoluyla bitki dayanıklılığını artırır. Ayrıca mikorizal funguslar, bitkilerde patojenler ve/veya zararlıların neden olduğu enfeksiyonlara karşı uyarılmış sistematik dayanıklılığı (ISR) indükler (Schouteden vd., 2015; Hao vd., 2019; Badrbani vd., 2024).

Mikoriza fungusları, antioksidan enzimlerin üretimini, konukçu bitki hücrelerinde enzimatik olmayan bileşiklerin birikmesini, malondialdehit üretiminde azalmayı, lignin biyosentezinde yer alan enzim kodlu genlerin aktivasyonunu ve farklı türlerin atalarını üreten şikimat yolunu uyarır. AMF, polimiksin B ve diğer polimiksin benzeri bileşikler ve patojenik organizmalara karşı etki eden toksinler olarak antifungal (polifenolik bileşikler) ve antibakteriyel bileşikler üretir (Wang vd., 2017; Bencherif vd., 2019; Kaur ve Suseela, 2020). Mikorizalı bitkilerde ROS artışı, fenilpropanoid metabolizmasının aktivasyonu ve farklı bitki savunması ile ilgili enzimlerin indüksiyonu, hidrolitik olanların spesifik izoformları, PR proteinlerinin birikmesi ve savunma genlerinin ekspresyonu tespit edilmiştir (Campos-Soriano vd., 2012; Zou vd., 2021; Wng vd., 2022; Wahab vd., 2023). AMF ve *Meloidogyne* spp. varlığında savunma enzimleri olan peroksidaz ve polifenol oksidaz aktivitesinin arttığını gözlemlenmiştir. Mikorizal fungusların fitopatogenik nematodlara uyarılmış dayanıklılığı teşvik ettiği belirtilmiş olup, ancak geleneksel patojenik analizlerde enfeksiyondaki azalmanın ne ölçüde yalnızca uyarılmış dayanıklılıktan veya doğrudan etkiden kaynaklandığını ayırt etmek zordur (da

Silva Campos, 2020). Sharma ve Sharma (2017), *M. incognita* ile enfekte edilmiş ve AMF uygulanmış domates bitkilerindeki savunma enzimlerinin miktarının araştırıldığı bir çalışmada, AMF uygulamasının domatesde PPO, POD, malondialdehit, hidrojen peroksit (H_2O_2), SOD, fenol miktarında artışa neden olmuştur. Köklerin sistemik savunma kapasitesindeki bu artışın meydana geldiği mekanizmalar, kitinazları, PR proteinlerini, ROS'un detoksifikasyonunda rol oynayan enzimleri kodlayan genlerin aktivasyonu ile ilgilidir. Enzimatik olmayan ve enzimatik bitki oksidasyonunun, daha fazla ROS üretimi nedeniyle oksidatif parçalanmayı en aza indirmek için aerobik sürece müdahale eden CAT ve GPX, GST veya SOD olarak, lignin biyosentezinde yer alan enzimler ve şikimat yolunda, nematodlara karşı koruyucu oksidatif enzimleri üretirler (Schouteden vd., 2015; Sharma ve Sharma, 2017; Balestrini vd., 2019). AMF'nin *Meloidogyne* ile enfekte olmuş bitkilerin büyümesi üzerindeki etkisi oldukça değişkendir ancak genellikle olumludur (da Silva Campos, 2020). AMF türlerinin karışımları ile erken mikorizasyon, *Meloidogyne* spp. ve *Pratylenchus* spp.'ye karşı etkilidir (Vos vd., 2012). Sikora ve Schönbeck (1975), *Funneliformis mosseae* ve *Rhizophagus fasciculatus*'un domatesteki *M. incognita* enfeksiyonunu sırasıyla %13 ve %50 oranında azalttığını bildirmiştir.

Rizobakteriler (Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler-PGPR)

Rizosferik habitatta kolonize olan çeşitli bakteri gruplarına rizobakteriler adı verilir. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), fitopatojenlere (bakteriler, funguslar, nematodlar ve ayrıca virüsler dahil) karşı savunma sisteminin uyarılması dahil olmak üzere faydalı etkilere sahip, kökte kolonize olan bakterilerdir (Ryu vd., 2006; OrtizCastro vd., 2009). PGPR'lar bitki hormonlarını üreterek atmosfer nitrojenini sabitleyerek, fosfor gibi mineralleri çözündürerek, bitki büyümesini artırır, demiri çözümlerebilen ve tutabilen ve toprağı kontrol etmenin ötesinde bitkilere besin sağlayan sideroforları sentezler (Gupta vd., 2015; Goswami vd., 2016; Mohanty vd., 2021). Çok sayıda *Pseudomonas* spp. toprakta, suda ve bitkilerde yaygın olan patojenik olmayan bakteriler olup, zararlı mikro-organizma popülasyonunu azaltan ve N_2 fiksasyonunu artıran bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) olduğu bilinmektedir. PGPR'lar antibiyotik üreterek fitopatojen fungus hücre duvarını hidrolize etmek için hücre dışı enzimler sentezler (Zahir vd., 2003; Sahu vd., 2018). Ayrıca organik kirleticileri parçalayabilir ve kirlenmiş toprakların metal oksisitesini azaltabilir (biyoremediasyon) ve fitoremediasyonu kolaylaştırabilirler (Zhuang vd., 2007). PGPR uygulaması çeşitli mekanizmaları aktive ederek bitkiyi abiyotik stresten koruyabilir (Yang vd., 2009; Timmusk vd., 2014).

PGPR bakterilerinde fungus ve bakteri hücre duvarlarının parçalanmasına neden olan kitinaz (CHI), glukanaaz (GLU) gibi PR proteinleri bulunur. Son yıllarda, sera ve tarla koşullarında kültür bitkilerinde farklı patojenlere karşı ISR olarak PGPR bakterileri kullanılmaktadır (Prasad vd., 2015; Schippers vd., 1995; Gon-salves, 1995; Choudhary vd., 2007; Boukerma vd., 2017; Shahzad vd., 2021; Ce-tintas vd., 2018; Abd-El-Khair vd., 2019). PGPR bakterileri, bitkilerde geniş spektrumlu fitopatojenlere karşı ISR'yi tetikleyebilir (Van Wees vd., 2008; An-napurna vd., 2013). Bitkinin fitopatojeni tespit etmesi sonucunda, bünyesinde SA, JA ve bunların türevleri gibi sinyaller üretirler. SA biyotrofik patojenlere karşı direnci artırırken, JA nekrotrofik patojenlere karşı direnci artırır (Vallad ve Goodman, 2004). Bitkilerde PGPR tarafından ISR ile ilgili *Arabidopsis tha-liana*'daki çalışmalara bakıldığında SA ve PR proteinlerinden bağımsız, ancak JA ve (ET yoluna bağlı olup bunun ISR ile SAR arasındaki fark olduğu öne sürül-müştür (Bolwerk vd., 2003; Ryu vd., 2005).

PGPR bakterileri oksidatif strese azalmaya yol açan koruyucu enzimlerin ve proteinlerin hareketini genişleterek hastalığı bastırır. ROS salınımıyla sonuçlanan oksidatif patlama, patojen enfeksiyonuna karşı bitki savunma tepkisinin ayırt edici özelliğidir ve sonraki savunmalar için önemli bir sinyal görevi görür. Birçok bitki enzimi, bitki patojenlerine karşı savunma reaksiyonlarında rol oynar. Bitki-ler kendilerini bu oksidatif strese karşı farklı enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidanların sentezi veya uyarılması yoluyla savunurlar. Stres reaksiyonları sırasında sentezlenen ROS'un detoksifikasyonu için SOD, POX'ler, PPO ve CAT gibi oksidatif enzimleri üretirler. POX ve PPO enzimlerinin bitki savunmasında çok önemli rolleri vardır ve araştırmalarda iki uygun bitki savunma belirteci ola-rak değerlendirilebilir (Khanna vd., 2019; Chaudhary vd., 2021). Çeşitli çalışma-lar, PPO gibi oksidatif fenolik bileşiklerin bitki hastalıklarının tedavisinde anti-oksidan görevi gördüğünü bildirmiştir.

Bunun yanı sıra rizobakterilerin Hidrojen siyanür (HCN) sentezlendiği bulun-muştur. (Rijavec ve Lapanje, 2017). Bazı araştırmacılar, *Bacillus spp.* ve *Pseu-domonas spp.* gibi rizosferde yaşayan bakterilerin ikincil metabolit olarak HCN ürettiğini belirlemişlerdir (Rijavec ve Lapanje, 2016; Mishra ve Arora, 2018; Sehravat vd., 2022). Birçok çalışma, HCN üreten bakterilerin fungus patojenle-rine karşı etkili olduğunu göstermektedir. Bu uçucu antimikrobiyal bileşiğin has-talık baskılamadaki rolü HCN'nin fitopatojen organizmanın elektron taşıma zin-cirini ve hücreye enerji tedarikini engelleyerek patojenin hücre ölümüne yol aç-tığı şekilde düşünülmektedir (Jain ve Das, 2016). Ayrıca sitokrom oksidazın et-kisini de inhibe ettiği bilinmektedir (Sehravat vd., 2022). Bu özelliği nedeniyle PGPR'nin fungus patojenlerine karşı rekabet avantajına sahip olup, bitki fungal

hastalıklarının biyokontrolünde daha fazla kullanılabilir (Elshahat vd., 2016; Hamid vd., 2021). Islam vd. (2019), *in vitro* HCN üretimi gösteren *Brevundimonas olei* Prd2 ile tedavi edilen *Fusarium solgunluk* hastalığının %44,99 oranında hastalık inhibisyonunu bildirmiştir. *Bacillus* izolatu TNAM5'in yayılabilir ve uçucu antifungal bileşik amonyak ve HCN üretimi yoluyla FOL'un baskılanmasında etkili olduğu bulunmuştur (Prashar vd., 2013). Benzer şekilde *B. subtilis*'in antifungal metabolitlerin salgılanmasıyla *Alternaria solani*'yi inhibe ettiği görülmüştür (Bellishree vd., 2015). *Bacillus subtilis*'in HCN üretimi ile birlikte zwittermin, basillomisin, fengycin, bacilysin, pyrrolnitrin, kanosamine ve difcidin gibi çok çeşitli an tibiyotikler üretme yeteneklerinden dolayı patojenik fungusun büyümesini engelleyebilen potansiyel bir biyolojik etmen olarak değerlendirilmektedir (Kenawy vd., 2019).

Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR'ler), aynı zamanda bitki paraziti nematodlara karşı nematosisidal aktivite de göstermiştir. *Pseudomonas fluorescens* CHA0 tarafından üretilen ikincil metabolitler nematod yumurtalarının ve L2'lerin ölümlerine neden olmaktadır (Siddiqui ve Shaukat, 2003). Zhao vd., (2018), rizosferden toplanan 860 bakteri türünden *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* ve *Serratia proteamaculans* bakterilerinin *M. javanica*'ya karşı biyolojik etmen olarak yüksek etkinlik gösterdiğini bildirmektedirler Bu nedenle, PGPR'ler bitki büyümesine fayda sağlamanın yanı sıra, nematodlar gibi patojenlere karşı doğrudan etkileşim yoluyla büyük bir potansiyele sahiptir. Anwar-ul-Haq vd. (2011), *P. putida*, *Bacillus* spp. ve kombinasyon uygulamalarının *Azobacter* spp. uygulamasından daha etkin nematod baskılayıcılığı ve bitki gelişimini artırıcı özellik göstermiştir. PGPR'nin daha önce *M. incognita*'ya karşı *in vitro* çalışmalarda ve tarla ve sera koşullarında çeşitli ürünlerde etkili olduğu gösterilmiştir (Liu vd., 2012; Xiang vd., 2017; Çetintaş vd., 2018; Groover vd., 2020). Lian vd. (2007), *Bacillus* spp.'nin nematod etkisini azaltan serin alkali proteaz gibi nematod öldürücü ve kütikül parçalayıcı ekstraselüler moleküller ürettiğini bildirmiştir. Ayrıca, *Bacillus cereus*'un kontrole kıyasla yumurtadan L2 çıkma oranlarını düşürdüğü ve daha yüksek L2 ölüm oranına neden olduğu gösterilmiştir (Gardener, 2004). *Meloidogyne incognita*'nın *Paenibacillus polymyxa* kültür filtratına maruz bırakılması, *in vitro* koşullar altında yumurtadan L2 çıkışını baskılama, L2 ölüm oranı, kök çürümesi ve genel nematod popülasyon yoğunlukları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Chauhan vd., 2015). Çetintaş vd. (2018), test edilen 15 bakteri suşu arasında *Paenibacillus castaneae*'ye ait ZHA296 ve ZHA178 ile *Mycobacterium immunogenum*'a ait ZHA17 ve ZHA57'nin gelecekteki nematod yönetim stratejilerinde umut vadeden mikrobiyal biyo-pestisitler olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

7. Sonuç

Fusarium-kök-ur nematodu hastalık komplekslerinde kök-ur nematodları genellikle bitkilerin *Fusarium* spp. tarafından enfeksiyonunu teşvik etmekte ve solgunluk şiddetinde artışa neden olmaktadır. Hastalık komplekslerinde tek başına verdikleri zarardan daha fazla solgunluk oluşmakta dolayısıyla domatestede verim kaybı artmaktadır. Domates yetiştiricileri, artan sağlık ve çevre bilinci nedeniyle pestisit rejimlerinin minimum kullanımını içeren üretim teknolojilerini benimsemeye isteklidir. FOL ve nematodların neden olduğu kayıpları en aza indirmek için yıllar boyunca kimyasal ve ürün rotasyonu dahil olmak üzere çeşitli yönetim stratejileri yaygın olarak kullanılmıştır, ancak bu stratejilerin sınırlamaları vardır (Sharon vd., 2001; Villarino vd., 2021). Fungisitlerin ve nematisitlerin kullanımıyla ilgili devam eden çevresel sorunlar ve ürün rotasyonu sistemlerinden elde edilen olumsuz sonuçlar, dayanıklı bitkilerde dayanıklılığın sürekliliğinin sağlanamaması, alternatif yönetim stratejilerinin araştırılmasına neden olmuştur. Bu nedenle bilim insanları alternatif mücadele yöntemi olarak uyarılmış dayanıklılık ve biyolojik mücadele üzerinde yoğunlaşmışlardır. Birçok çalışmada *Trichoderma* spp., *Glomus* spp., PGPR vb. gibi biyolojik etmenlerin kök ur nematodları ve FOL'ü baskıladığına dair araştırmalar rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra, son dönemlerde bu biyolojik etmenlerin aynı zamanda bitkilerde uyarılmış dayanıklılığı teşvik ettiği belirtilmiştir. Mevcut araştırmalarda, biyokontrol etmenlerinin domatestede kök-ur nematodu ve *Fusarium* solgunluk fungusunun neden olduğu hastalık kompleksini kontrol etmede etkili olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, biyopestisit olarak kullanılacak biyolojik kontrol etmenlerinin en ekonomik ve verimli seri üretimi ve fitotoksiste üzerine araştırma yapılması gerekmektedir.

Toprak kaynaklı patojen mücadelesinde etkinliğin artırılması için sistemin bir bütün olarak ele alınması ve çevre direncinin korunmasına yönelik kombine mücadele uygulamalarının kullanılması gerekmektedir. *Fusarium* solgunluğu-kök-ur nematodunun mücadelesinde alternatif, sürdürülebilir ve çevre dostu biyolojik mücadele etmenlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda, mikroorganizmalara dayalı ürünler geliştirilmiş ve biyo-pestisitler, biyo-gübreler ve toprak iyileştiricileri olarak pazarlanmaktadır. Ancak, yerel iklimlere, koşullara veya hedef tür- lere daha az adapte olan ithal yabancı biyo-ajanların kullanımı, sınırlı bir başarıya sahip olabilmektedir. Bu nedenle, yönetim stratejileri belirlenirken kullanım için yerel olarak uygun izolatları izole etmek ve tanımlamak gerekmektedir. Öte yandan, biyolojik kontrol etmenleri (veya ürünleri) ile hedeflenen patojen, bitki çeşidi, çevre koşulları, toprak yapısı ve arazideki diğer tüm hususlar arasındaki karmaşık etkileşimler araştırılmalıdır. Ayrıca, biyolojik kontrol etmenleri, etkinliklerini olumsuz etkileyebilecek olan saha koşulları, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinden etkilenir. Bu nedenle, laboratuvar ölçeğinde yürütülen çalışmalar, belirlenmiş saha koşulları altında doğrulanmalıdır.

Kaynaklar

- Abad, P., Favery, B., Rosso, M. N., & Castagnone-Sereno, P. (2003). Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular plant pathology*, 4(4).
- Abad, P., Gouzy, J., Aury, J. M., Castagnone-Sereno, P., Danchin, E. G., Deleury, E., & Wincker, P. (2008). Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nature biotechnology*, 26(8), 909-915.
- Abd-El-Khair, H., El-Nagdi, W. M., Youssef, M. M., Abd-Elgawad, M. M., & Dawood, M. G. (2019). Protective effect of *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, and *Pseudomonas fluorescens* isolates against root knot nematode *Meloidogyne incognita* on cowpea. *Bulletin of the National Research Centre*, 43, 1-7.
- Abdelrahman, M., Abdel-Motaal, F., El-Sayed, M., Jogaiah, S., Shigyo, M., Ito, S. I., & Tran, L. S. P. (2016). Dissection of *Trichoderma longibrachiatum*-induced defense in onion (*Allium cepa* L.) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepa* by target metabolite profiling. *Plant Science*, 246, 128-138.
- Adhikari, T. B., Gao, A., Ingram, T., & Louws, F. J. (2020). Pathogenomics characterization of an emerging fungal pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. **lycopersici** in greenhouse tomato production systems. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1995.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Elsevier.
- Ahmad, G., Khan, A., Khan, A. A., Ali, A., & Mohhammad, H. I. (2021). Biological control: a novel strategy for the control of the plant parasitic nematodes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 114(7), 885-912.
- Ajillogba, C. F., & Babalola, O. O. (2013). Integrated management strategies for tomato Fusarium wilt. *Biocontrol Science*, 18(3), 117-127.
- Akhtar, K. P., Ullah, N., Saleem, M. Y., Iqbal, Q., Asghar, M., & Khan, A. R. (2019). Evaluation of tomato genotypes for early blight disease resistance caused by *Alternaria solani* in Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, 101(4), 1159-1170.
- Annapurna, K., Kumar, A., Kumar, L. V., Govindasamy, V., Bose, P., & Ramadoss, D. (2013). PGPR-induced systemic resistance (ISR) in plant disease management. *Bacteria in Agrobiolgy: disease management*, 405-425.
- Anwar-ul-Haq, M., Anwar, S. A., Shahid, M., Javed, N., Khan, S. A., & Mehamood, K. (2011). Management of root knot nematode *Meloidogyne incognita* by plant-growth promoting Rhizobacteria on tomato. *Pakistan Journal of Zoology*, 43(6).
- Atkinson, G. F. (1892). Botany at the Experiment Stations. *Science*, (514), 328-330.
- Augé, R. M., Toler, H. D., & Saxton, A. M. (2014). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and osmotic adjustment in response to NaCl stress: a meta-analysis. *Frontiers In Plant Science*, 5, 562.
- Awu, J. E., Nyaku, S. T., Amissah, J. N., Okorley, B. A., Agyapong, P. J., Doku, F. E., & Nkansah, G. O. (2023). Grafting for sustainable management of *Fusarium*

- wilt disease in tomato production in Ghana. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100710.
- Azarabadi, S., Abdollahi, H., Torabi, M., Salehi, Z., & Nasiri, J. (2017). ROS generation, oxidative burst and dynamic expression profiles of ROS-scavenging enzymes of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX) in response to *Erwinia amylovora* in pear (*Pyrus communis* L). *European Journal of Plant Pathology*, 147, 279-294.
- Baazeem, A., Almane, A., Manikandan, P., Alorabi, M., Vijayaraghavan, P., & Abdel-Hadi, A. (2021). In vitro antibacterial, antifungal, nematocidal and growth promoting activities of *Trichoderma hamatum* FB10 and its secondary metabolites. *Journal of Fungi*, 7(5), 331.
- Bainard, L. D., Bainard, J. D., Hamel, C., & Gan, Y. (2014). Spatial and temporal structuring of arbuscular mycorrhizal communities is differentially influenced by abiotic factors and host crop in a semi-arid prairie agroecosystem. *FEMS Microbiology Ecology*, 88(2), 333-344.
- Badrbani, A. H., Amini, J., & Karimi, K. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi, induce resistance in tomato plant against Fusarium wilt through transferring underground warning signal. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133, 102380.
- Balestrini, R., Rosso, L. C., Veronico, P., Melillo, M. T., De Luca, F., Fanelli, E., & Pentimone, I. (2019). Transcriptomic responses to water deficit and nematode infection in mycorrhizal tomato roots. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1807.
- Baum, C., El-Tohamy, W., & Gruda, N. (2015). Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *Scientia Horticulturae*, 187, 131-141.
- Bawa, I. (2016). Management strategies of Fusarium wilt disease of tomato incited by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) A Review. *International Journal of Advanced Academic Research*, 2(5).
- Bellishree, G. G. K., Ramachandra, Y. L., Chethana, B. S., & Archana, S. R. (2015). Mitigation of early blight of tomato by the intervention of fungal and bacterial bioagents. *International Journal of Current Trends in Science and Technology*, 3(5), 14-19.
- Bencherif, K., Djaballah, Z., Brahimi, F., Boutekrabt, A., Dalpè, Y., & Sahraoui, A. L. H. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi affect total phenolic content and antimicrobial activity of *Tamarix gallica* in natural semi-arid Algerian areas. *South African Journal of Botany*, 125, 39-45.
- Bernard, G. C., Egnin, M. & Bonsi, C. 2017. "The impact of plant-parasitic nematodes on agriculture and methods of control", In Shah, M. M. and Mahamood, M. (Ed.), *Nematology Concepts, Diagnosis, and Control* London: *Intech Open*, 121-51

- Bertero, A., Moretti, A., Spicer, L. J., & Caloni, F. (2018). Fusarium molds and mycotoxins: Potential species-specific effects. *Toxins*, 10(6), 244.
- Bhagawati, B., Choudhury, B. N., Das, D., & Das, P. (2018). Screening of Blackgram (*Vigna mungo*) Germplasms for Resistance Against Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita* race 2. *Indian Journal of Nematology*, 48(1), 121-122.
- Bodah, E. T. (2014). Genetic mechanisms of resistance to Fusarium root rot in pea (*Pisum sativum* L.) (Doctoral dissertation, Washington State University).
- Bodah, E. T. (2017). Root rot diseases in plants: a review of common causal agents and management strategies. *Agricultural Research & Technology*, Open Access J, 5, 555661.
- Bolwerk, A., Lagopodi, A. L., Wijfjes, A. H., Lamers, G. E., Chin-A-Woeng, T. F., Lugtenberg, B. J., & Bloemberg, G. V. (2003). Interactions in the tomato rhizosphere of two *Pseudomonas* biocontrol strains with the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16(11), 983-993.
- Borisade, O. A., Uwaidem, Y. I., & Salami, A. E. (2017). Preliminary report on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sensu lato) from some tomato producing agroecological areas in Southwestern Nigeria and susceptibility of F1-resistant tomato hybrid (F1-Lindo) to infection. *Annual Research & Review in Biology*, 18(2), 1-9.
- Bowman P, Bloom JR (1966) Breaking the resistance of tomato varieties to *Fusarium* wilt by *Meloidogyne incognita*. *Phytopathology*, 56:871
- Branch, C., Hwang, C. F., Navarre, D. A., & Williamson, V. M. (2004). Salicylic acid is part of the Mi-1-mediated defense response to root-knot nematode in tomato. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17(4), 351-356.
- Brookie, K. L., Best, G. I., & Conner, T. S. (2018). Intake of raw fruits and vegetables is associated with better mental health than intake of processed fruits and vegetables. *Frontiers in Psychology*, 9, 339425.
- Brotman, Y., Lisec, J., Meret, M., Chet, I., Willmitzer, L., & Viterbo, A. (2012). Transcript and metabolite analysis of the *Trichoderma*-induced systemic resistance response to *Pseudomonas syringae* in *Arabidopsis thaliana*. *Microbiology*, 158(1), 139-146.
- Boukerma, L., Benchabane, M., Charif, A., & Khélifi, L. (2017). Activity of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs) in the Biocontrol of Tomato Fusarium Wilt. *Plant Protection Science*, 53(2).
- Cai, X., Zhao, H., Liang, C., Li, M., & Liu, R. (2021). Effects and mechanisms of symbiotic microbial combination agents to control tomato fusarium crown and root rot disease. *Frontiers in Microbiology*, 12, 629793.
- Caillaud, M. C., Dubreuil, G., Quentin, M., Perfus-Barbeoch, L., Lecomte, P., de Almeida Engler, J., & Favery, B. (2008). Root-knot nematodes manipulate plant cell

- functions during a compatible interaction. *Journal of plant physiology*, 165(1), 104-113.
- Campos-Soriano, L. I. D. I. A., García-Martínez, J., & SEGUNDO, B. S. (2012). The arbuscular mycorrhizal symbiosis promotes the systemic induction of regulatory defence-related genes in rice leaves and confers resistance to pathogen infection. *Molecular Plant Pathology*, 13(6), 579-592.
- Carmona, S. L., Villarreal-Navarrete, A., Burbano-David, D., Gómez-Marroquín, M., Torres-Rojas, E., & Soto-Suárez, M. (2021). Protection of tomato plants against *Fusarium oxysporum* f. sp. **lycopersici** induced by chitosan. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(3), e12822.
- Catanzariti, A. M., Lim, G. T., & Jones, D. A. (2015). The tomato I-3 gene: a novel gene for resistance to Fusarium wilt disease. *New Phytologist*, 207(1), 106-118.
- Catanzariti, A. M., Do, H. T., Bru, P., de Sain, M., Thatcher, L. F., Rep, M., & Jones, D. A. (2017). The tomato I gene for Fusarium wilt resistance encodes an atypical leucine-rich repeat receptor-like protein whose function is nevertheless dependent on SOBIR 1 and SERK 3/BAK 1. *The Plant Journal*, 89(6), 1195-1209.
- Chandra Nayaka, S., Udaya Shankar, A. C. G., Niranjana, S. R., & Prakash, H. S. (2008). Molecular detection and characterisation of *Fusarium verticillioides* in maize (*Zea mays* L) grown in southern India. *Annals of microbiology*, 58, 359-367.
- Chauhan, H., & Bagyaraj, D. J. (2015). Inoculation with selected microbial consortia not only enhances growth and yield of French bean but also reduces fertilizer application under field condition. *Scientia Horticulturae*, 197, 441-446.
- Chitwood-Brown, J., Vallad, G. E., Lee, T. G., & Hutton, S. F. (2021). Breeding for resistance to Fusarium wilt of tomato: A review. *Genes*, 12(11), 1673.
- Chowdappa, P., Kumar, S. M., Lakshmi, M. J., & Upreti, K. K. (2013). Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biological Control*, 65(1), 109-117.
- Choudhary, D. K., Prakash, A., & Johri, B. N. (2007). Induced systemic resistance (ISR) in plants: mechanism of action. *Indian Journal of Microbiology*, 47, 289-297.
- Chaudhary, P., Khatri, P., Gangola, S., Kumar, A., Kumar, R., & Sharma, A. (2021). Impact of nanochitosan and *Bacillus* spp. on health, productivity and defence response in *Zea mays* under field condition. *3 Biotech*, 11, 1-11.
- Cooper, W. R., Jia, L., & Goggin, L. (2005). Effects of jasmonate-induced defenses on root-knot nematode infection of resistant and susceptible tomato cultivars. *Journal Of Chemical Ecology*, 31, 1953-1967.
- Cetintas, R., Kusek, M., & Fateh, S. A. (2018). Effect of some plant growth-promoting rhizobacteria strains on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on tomatoes. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28, 1-5.

- Çapanoğlu, E., & Boyacıoğlu, D. (2010). Changes in antioxidative constituents during development of tomato. *Akademik Gıda* 8 (1), 44-48
- Çolak Ateş, A., Dincer, D., & Ata, A. (2018). Determination of the interaction between *Fusarium* crown-root rot disease and root-knot nematode on tomato genotypes. *Journal Fresen. Environ. Bull*, 27, 6785-6791.
- da Silva Campos, M. A. (2020). Bioprotection by arbuscular mycorrhizal fungi in plants infected with *Meloidogyne* nematodes: A sustainable alternative. *Crop Protection*, 135, 105203.
- Das, S. K., Patra, J. K., & Thatoi, H. (2016). Antioxidative response to abiotic and biotic stresses in mangrove plants: A review. *International Review of Hydrobiology*, 101(1-2), 3-19.
- Debbi, A., Boureghda, H., Monte, E., & Hermosa, R. (2018). Distribution and genetic variability of *Fusarium oxysporum* associated with tomato diseases in Algeria and a biocontrol strategy with indigenous *Trichoderma* spp. *Frontiers in microbiology*, 9, 282.
- Devran, Z., Özalp, T., Studholme, D. J., & Tör, M. (2023). Mapping of the gene in tomato conferring resistance to root-knot nematodes at high soil temperature. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1267399.
- Di, X., Gomila, J. O., & Takken, F. L. (2017). Involvement of salicylic acid, ethylene and jasmonic acid signalling pathways in the susceptibility of tomato to *Fusarium oxysporum*. *Molecular Plant Pathology*, 18(7), 1024-1035.
- Durrant, W. E., & Dong, X. (2004). Systemic acquired resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 42 (1), 185-209.
- Early, R. (2009). Pathogen control in primary production: crop foods. *Foodborne Pathogens*, 205-279.
- El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Soliman, S. M., Salem, H. M., Ahmed, A. I., Mahmood, M., ... & AbuQamar, S. F. (2022). Plant growth-promoting microorganisms as biocontrol agents of plant diseases: Mechanisms, challenges and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 13, 923880.
- El-Sappah, A. H., MM, I., H. El-awady, H., Yan, S., Qi, S., Liu, J., & Liang, Y. (2019). Tomato natural resistance genes in controlling the root-knot nematode. *Genes*, 10(11), 925.
- Elshahat, M. R., Ahmed, A. A., Enas, A. H., & Fekria, M. S. (2016). Plant growth promoting rhizobacteria and their potential for biocontrol of phytopathogens. *African Journal of Microbiology Research*, 10(15), 486-504.
- El-Sharkawy, H. H., Abo-El-Wafa, T. S., Mostafa, N. A., & Yousef, S. A. (2023). Boosting biopesticide potential of *Trichoderma harzianum* for controlling the downy mildew and improving the growth and the productivity of King Ruby seedless grape. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1), 61.

- Erdoğan P., Barış A. 2005. Orta Anadolu Bölgesi Örtüaltı Domates Yetiştiriciliği Entegre Mücadele Araştırma, Uygulama ve Eğitim Projesi. (Yayımlanmamış Tagem Projesi)
- Fan, X. X., Xu, Z. G., Liu, X. Y., Tang, C. M., Wang, L. W., & Han, X. L. (2013). Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia horticulturae*, 153, 50-55.
- Fan, H., Yao, M., Wang, H., Zhao, D., Zhu, X., Wang, Y., & Chen, L. (2020). Isolation and effect of *Trichoderma citrinoviride* Snf1910 for the biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *BMC Microbiology*, 20, 1-11.
- Ferreira, F. V., & Musumeci, M. A. (2021). Trichoderma as biological control agent: Scope and prospects to improve efficacy. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37(5), 90.
- Forghani, F., & Hajihassani, A. (2020). Recent advances in the development of environmentally benign treatments to control root-knot nematodes. *Frontiers In Plant Science*, 11, 1125.
- Francl, L. J., & Wheeler, T. A. (1993). Interaction of plant-parasitic nematodes with wilt-inducing fungi. In *Nematode Interactions*, 79-103. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gardener, B. B. M. (2004). Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in agricultural systems. *Phytopathology*, 94(11), 1252-1258.
- Ghorbanpour, M., Omidvari, M., Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvar, R., & Kariman, K. (2018). Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. *Biological Control*, 117, 147-157.
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M. N., van Tuinen, D., Redecker, D., & Wipf, D. (2010). Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20(8), 519-530.
- Gohar, I. M., Alyamani, A., Shafi, M. E., Mohamed, E. A., Ghareeb, R. Y., Desoky, E. M., & Elnahal, A. S. (2023). A quantitative and qualitative assessment of sugar beet genotype resistance to root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Frontiers in Plant Science*, 13, 966377.
- Gonzalez-Cendales, Y., Catanzariti, A. M., Baker, B., McGrath, D. J., & Jones, D. A. (2016). Identification of I-7 expands the repertoire of genes for resistance to Fusarium wilt in tomato to three resistance gene classes. *Molecular Plant Pathology*, 17(3), 448-463.
- Gonsalves, D. (1995). Our Experience on the Effect of Gene Stability and Expression on Development of Virus-resistant Fruits and Vegetables Expressing Genes from Different Viruses. *HortScience*, 30(4), 904B-904.
- Gordon, T. R., & Martyn, R. D. (1997). The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review Of Phytopathology*, 35(1), 111-128.

- Goswami, D., Thakker, J. N., & Dhandhukia, P. C. (2016). Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1127500.
- Groover, W., Held, D., Lawrence, K., & Carson, K. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria: a novel management strategy for *Meloidogyne incognita* on turfgrass. *Pest Management Science*, 76(9), 3127-3138.
- Göze Özdemir, F. G. (2022). Management of disease complex of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* on tomato using some essential oils. *Plant Protection Bulletin*, 62(4), 27-36.
- Göze Özdemir, F. G., Arıcı, Ş. E., & Elekcioglu, İ. H. (2022). Interaction of *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919)(Nemata: Meloidogynidae) and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker in tomato F1 hybrids with differing levels of resistance to these pathogens. *Turkish Journal of Entomology*, 46(1), 63-73.
- Guerrero Abad, J. C., Padilla Domínguez, A., Torres Flores, E., López Rodríguez, C., Guerrero Abad, R. A., Coyne, D., ... & Corazon Guivin, M. A. (2021). A pathogen complex between the root knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Fusarium verticillioides* results in extreme mortality of the inka nut (*Plukenetia volubilis*). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 94, 162–168.
- Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., & Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology* 7(2), 096-102.
- Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de Los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. D. C., Fadji, A. E., & Santoyo, G. (2023). Trichoderma species: Our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases—A review. *Plants*, 12(3), 432.
- Hamid, S., Lone, R., & Mohamed, H. I. (2021). Production of antibiotics from PGPR and their role in biocontrol of plant diseases. *Plant Growth-Promoting Microbes For Sustainable Biotic And Abiotic Stress Management*, 441-461.
- Haney, C. H., Wiesmann, C. L., Shapiro, L. R., Melnyk, R. A., O'Sullivan, L. R., Khorasani, S., & Ausubel, F. M. (2018). Rhizosphere-associated *Pseudomonas* induce systemic resistance to herbivores at the cost of susceptibility to bacterial pathogens. *Molecular Ecology*, 27(8), 1833-1847.
- Hao, Z., Xie, W., & Chen, B. (2019). Arbuscular mycorrhizal symbiosis affects plant immunity to viral infection and accumulation. *Viruses*, 11(6), 534.
- Hashem, A., Abd_Allah, E. F., Alqarawi, A. A., & Egamberdieva, D. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi and plant stress tolerance. *Plant Microbiome: Stress Response*, 81-103.

- Huang, C.S. (1985). Formation, anatomy and physiology of giant cells induced by root-knot nematodes. In *An Advanced Treatise on Meloidogyne*, 1: Biology and Control, J.N. Sasser, and C.C. Carter (eds.) (NCSU and USAID Cooperative Publication), p. 155–164. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8743741>.
- Iqbal, M., Dubey, M., Broberg, A., Viketoft, M., Jensen, D. F., & Karlsson, M. (2019). Deletion of the nonribosomal peptide synthetase gene *nps1* in the fungus *Clostridium rosea* attenuates antagonism and biocontrol of plant pathogenic *Fusarium* and nematodes. *Phytopathology*, 109(10), 1698-1709.
- Islam, A., Kabir, M. S., & Khair, A. (2019). Molecular identification and evaluation of indigenous bacterial isolates for their plant growth promoting and biological control activities against *Fusarium* wilt pathogen of tomato. *The Plant Pathology Journal*, 35(2), 137.
- Israr M, Shahina F, Habib M (2021) Impact of nematode infestation on nutritional quality of some underground vegetables in Pakistan. *Pakistan Journal of Nematology*, 39:
- Jablonska, B., Ammiraju, J. S., Bhattarai, K. K., Mantelin, S., de Ilarduya, O. M., Roberts, P. A., & Kaloshian, I. (2007). The Mi-9 gene from *Solanum arcanum* conferring heat-stable resistance to root-knot nematodes is a homolog of Mi-1. *Plant physiology*, 143(2), 1044-1054.
- Jain, A., & Das, S. (2016). Insight into the interaction between plants and associated fluorescent *Pseudomonas* spp. *International Journal of Agronomy*, 2016, 1, 4269010.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., ... & Perry, R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946-961.
- Jones, R. K., Storey, S. G., Knoetze, R., & Fourie, H. (2017). Nematode pests of potato and other vegetable crops. *Nematology in South Africa: A view from the 21st century*, 231-260.
- Kalagatur, N. K., Abd_Allah, E. F., Poda, S., Kadirvelu, K., Hashem, A., Mudili, V., & Siddaiah, C. (2021). Quercetin mitigates the deoxynivalenol mycotoxin induced apoptosis in SH-SY5Y cells by modulating the oxidative stress mediators. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 465-477.
- Kamle, M., Borah, R., Bora, H., Jaiswal, A. K., Singh, R. K., & Kumar, P. (2020). Systemic acquired resistance (SAR) and induced systemic resistance (ISR): role and mechanism of action against phytopathogens. *Fungal biotechnology and bioengineering*, 457-470.
- Kaur, S., & Suseela, V. (2020). Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome. *Metabolites*, 10(8), 335.

- Kaşkavalcı, G., & Akkurt, H. D. (2012). Efficacy of the combined usage of several control methods against Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in organic tomato agriculture. *Turkish Journal of Entomology*, 36(3), 413-422.
- Kaya, S. (2012). Yerel sofralık domates populasyonlarının organik tarıma uygunlukları ve organik çeşit geliştirme amacıyla kullanım olanakları üzerine araştırmalar. e E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Kenawy, A., Dailin, D. J., Abo-Zaid, G. A., Malek, R. A., Ambehatabi, K. K., Zakaria, K. H. N., & El Enshasy, H. A. (2019). Biosynthesis of antibiotics by PGPR and their roles in biocontrol of plant diseases. Plant Growth Promoting Rhizobacteria For Sustainable Stress Management: Volume 2: *Rhizobacteria In Biotic Stress Management*, 1-35.
- Keymer, A., Pimprikar, P., Wewer, V., Huber, C., Brands, M., Bucerius, S. L., & Gutjahr, C. (2017). Lipid transfer from plants to arbuscular Mycorrhiza fungi. *Elife*, 6, e29107.
- Khan, Z., Kim, S. G., Jeon, Y. H., Khan, H. U., Son, S. H., & Kim, Y. H. (2008). A plant growth promoting rhizobacterium, *Paenibacillus polymyxa* strain GBR-1, suppresses root-knot nematode. *Bioresource Technology*, 99(8), 3016-3023.
- Khan, Z., Park, S. D., Shin, S. Y., Bae, S. G., Yeon, I. K., & Seo, Y. J. (2005). Management of *Meloidogyne incognita* on tomato by root-dip treatment in culture filtrate of the blue-green alga, *Microcoleus vaginatus*. *Bioresource Technology*, 96(12), 1338-1341.
- Khan, M. R., Ahmad, I., & Ahamad, F. (2018). Effect of pure culture and culture filtrates of *Trichoderma* species on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infesting tomato. *Indian Phytopathology*, 71, 265-274.
- Khan, F., Asif, M., Khan, A., Tariq, M., Ansari, T., Shariq, M., & Siddiqui, M. A. (2019). Evaluation of the nematocidal potential of some botanicals against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infected carrot: In vitro and greenhouse study. *Current Plant Biology*, 20, 100115.
- Khan, M. R., & Sharma, R. K. (2020). Fusarium-nematode wilt disease complexes, etiology and mechanism of development. *Indian Phytopathology*, 73(4), 615-628.
- Khan, N., Maymon, M., & Hirsch, A. M. (2017). Combating Fusarium infection using *Bacillus*-based antimicrobials. *Microorganisms*, 5(4), 75.
- Khanna, K., Jamwal, V. L., Kohli, S. K., Gandhi, S. G., Ohri, P., Bhardwaj, R., ... & Ahmad, P. (2019). Role of plant growth promoting Bacteria (PGPRs) as biocontrol agents of *Meloidogyne incognita* through improved plant defense of *Lycopersicon esculentum*. *Plant and Soil*, 436, 325-345.
- Klessig, D. F., Choi, H. W., & Dempsey, D. M. A. (2018). Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(9), 871-888.

- Kotasthane, A., Agrawal, T., Kushwah, R., & Rahatkar, O. V. (2015). In-vitro antagonism of *Trichoderma* spp. against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani* and their response towards growth of cucumber, bottle gourd and bitter gourd. *European Journal of Plant Pathology*, 141, 523-543.
- Kumar, V., Singh, G., & Tyagi, A. (2017). Evaluation of different fungicides against *Alternaria* leaf blight of tomato (*Alternaria solani*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 2343-2350.
- Kumar, K. N., Venkataramana, M., Allen, J. A., Chandranayaka, S., Murali, H. S., & Batra, H. V. (2016). Role of *Curcuma longa* L. essential oil in controlling the growth and zearalenone production of *Fusarium graminearum*. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 522-528.
- LeBlanc, N., Essarioui, A., Kinkel, L., & Kistler, H. C. (2017). Phylogeny, plant species, and plant diversity influence carbon use phenotypes among *Fusarium* populations in the rhizosphere microbiome. *Phytobiomes*, 1(3), 150-157.
- Lian, L. H., Tian, B. Y., Xiong, R., Zhu, M. Z., Xu, J., & Zhang, K. Q. (2007). Proteases from *Bacillus*: a new insight into the mechanism of action for rhizobacterial suppression of nematode populations. *Letters in Applied Microbiology*, 45(3), 262-269.
- Lobna, H., Hajer, R., Naima, M. B., & Najet, H. R. (2016). Studies on disease complex incidence of *Meloidogyne javanica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on resistant and susceptible tomato cultivars. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 2(4), 41-48.
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia Horticulturae*, 196, 109-123.
- Ma, L., Houterman, P. M., Gawehns, F., Cao, L., Sillo, F., Richter, H., & Takken, F. L. (2015). The AVR 2–SIX 5 gene pair is required to activate I-2-mediated immunity in tomato. *New Phytologist*, 208(2), 507-518.
- Ma, L. J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F., ... & Kazan, K. (2013). *Fusarium* pathogenomics. *Annual Review of Microbiology*, 67(1), 399-416.
- Maheswari, T. U., Sharma, S. B., Reddy, D. D. R., & Haware, M. P. (1997). Interaction of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* and *Meloidogyne javanica* on *Cicer arietinum*. *Journal of nematology*, 29(1), 117.
- Mandal, S., Mallick, N., & Mitra, A. (2009). Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. *Plant Physiology And Biochemistry*, 47(7), 642-649.
- Manici, L. M., Caputo, F., & Saccà, M. L. (2017). Secondary metabolites released into the rhizosphere by *Fusarium oxysporum* and *Fusarium* spp. as underestimated component of nonspecific replant disease. *Plant and Soil*, 415, 85-98.

- Martínez-Medina, A., Fernández, I., Sánchez-Guzmán, M. J., Jung, S. C., Pascual, J. A., & Pozo, M. J. (2013). Deciphering the hormonal signalling network behind the systemic resistance induced by *Trichoderma harzianum* in tomato. *Frontiers in Plant Science*, 4, 206.
- Martínez-Medina, A., Fernandez, I., Lok, G. B., Pozo, M. J., Pieterse, C. M., & Van Wees, S. C. (2017). Shifting from priming of salicylic acid-to jasmonic acid-regulated defences by *Trichoderma* protects tomato against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. *New Phytologist*, 213(3), 1363-1377.
- Martinez-Medina, A., Pozo, M. J., Cammue, B. P., & Vos, C. M. (2016). Belowground defence strategies in plants: The Plant–*Trichoderma* dialogue. *Belowground Defence Strategies in Plants*, 301-327.
- Mazarei, M., Liu, W., Al-Ahmad, H., Arelli, P. R., Pantalone, V. R., & Stewart, C. N. (2011). Gene expression profiling of resistant and susceptible soybean lines infected with soybean cyst nematode. *Theoretical and Applied Genetics*, 123, 1193-1206.
- McGovern, R. J. (2015). Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*. *Crop Protection*, 73, 78-92.
- Miransari, M. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and heavy metal tolerance in plants. In *Arbuscular mycorrhizas and stress tolerance of plants* (pp. 147-161). Singapore: Springer Singapore.
- Mishra, J., & Arora, N. K. (2018). Secondary metabolites of fluorescent pseudomonads in biocontrol of phytopathogens for sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, 125, 35-45.
- Molinari, S., Fanelli, E., & Leonetti, P. (2014). Expression of tomato salicylic acid (SA)-responsive pathogenesis-related genes in Mi-1-mediated and SA-induced resistance to root-knot nematodes. *Molecular Plant Pathology*, 15(3), 255-264.
- Mohanty, P., Singh, P. K., Chakraborty, D., Mishra, S., & Pattnaik, R. (2021). Insight into the role of PGPR in sustainable agriculture and environment. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 667150.
- Mudili, V., Siddaih, C. N., Nagesh, M., Garapati, P., Naveen Kumar, K., Murali, H. S., ... & Batra, H. V. (2014). Mould incidence and mycotoxin contamination in freshly harvested maize kernels originated from India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13), 2674-2683.
- Mukherjee, M., Mukherjee, P. K., Horwitz, B. A., Zachow, C., Berg, G., & Zeilinger, S. (2012). *Trichoderma*–plant–pathogen interactions: advances in genetics of biological control. *Indian Journal of Microbiology*, 52, 522-529.
- Mwangi, M. W. (2018). Interaction between fusarium wilt and root-knot nematodes in tomato and the potential of integrated strategies in management of the disease complex (Doctoral dissertation, University of Nairobi).

- Nelson, P. E., Dignani, M. C., & Anaissie, E. J. (1994). Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clinical Microbiology Reviews*, 7(4), 479-504.
- Nikitin, D. A., Ivanova, E. A., Semenov, M. V., Zhelezova, A. D., Ksenofontova, N. A., Tkhakakhova, A. K., & Kholodov, V. A. (2023). Diversity, ecological characteristics and identification of some problematic phytopathogenic *Fusarium* in soil: a review. *Diversity*, 15(1), 49.
- Nguvo, K. J., & Gao, X. (2019). Weapons hidden underneath: bio-control agents and their potentials to activate plant induced systemic resistance in controlling crop *Fusarium* diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 126, 177-190.
- Nguyễn, P. V., Bellafiore, S., Petitot, A. S., Haidar, R., Bak, A., Abed, A., & Fernandez, D. (2014). *Meloidogyne incognita*-rice (*Oryza sativa*) interaction: a new model system to study plant-root-knot nematode interactions in monocotyledons. *Rice*, 7, 1-13.
- Noguera, R., & Smits B, G. (1982). Variations in the rhizosphere microflora of tomatoes infected with *Meloidogyne incognita*. *Agronomica Tropical*; 32:147-154
- Onkendia, E. M., Kariuki, G. M., Marais, M., & Moleleki, L. N. (2014). The threat of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Africa: a review. *Plant Pathology*, 63, 727-737. <https://doi.org/10.1111/ppa.12202>
- Ortíz-Castro, R., Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., & López-Bucio, J. (2009). The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 4(8), 701-712.
- Öztürk, G., & Engindeniz, S. (2019). Muğla ilinde örtüaltı domates üretiminin ekonomik analizi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(3), 345-358.
- Pandey, A. K., Samota, M. K., Tanti, A. J., & Babu, A. (2023). *Trichoderma reesei* induces defense-related biochemical markers associated with resistance to *Fusarium dieback* in tea crop. *Biological Control*, 180, 105200.
- Parniske, M. (2008). Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology*, 6(10), 763-775.
- Pieterse, C. M., Pierik, R., & Van Wees, S. C. (2014). Different shades of JAZ during plant growth and defense. *New Phytologist*, 204 (2), 261-264.
- Pieterse, C. M., & Van Wees, S. C. (2015). Induced disease resistance. Principles of plant-microbe interactions: *Microbes for Sustainable Agriculture*, 123-133.
- Pires, D., Vicente, C. S., Menéndez, E., Faria, J. M., Rusinque, L., Camacho, M. J., & Inácio, M. L. (2022). The fight against plant-parasitic nematodes: Current status of bacterial and fungal biocontrol agents. *Pathogens*, 11(10), 1178.
- Prihatna, C., Barbetti, M. J., & Barker, S. J. (2018). A novel tomato *fusarium* wilt tolerance gene. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1226.

- Prashar, P., Kapoor, N., & Sachdeva, S. (2013). Biocontrol of plant pathogens using plant growth promoting bacteria. *Sustainable Agriculture Reviews*, 12, 319-360.
- Pocurull, M., Fullana, A. M., Ferro, M., Valero, P., Escudero, N., Saus, E., ... & Sorribas, F. J. (2020). Commercial formulations of *Trichoderma* induce systemic plant resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato and the effect is additive to that of the Mi-1.2 resistance gene. *Frontiers in Microbiology*, 10, 3042.
- Porter DM, Powell NT (1967) Influence of certain *Meloidogyne* species on *Fusarium* wilt development in fire-cured tobacco. *Phytopathology*, 57,282–285
- Prasad, R., Kumar, M., & Varma, A. (2015). Role of PGPR in soil fertility and plant health. Plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and medicinal plants, eds D. Egamberdieva, S. Shrivastava, and A. Varma (Cham: Springer), 247–260.
- Ravindra Singh, R. S., Biswas, S. K., Devesh Nagar, D. N., Jaskaran Singh, J. S., Morajdhawaj Singh, M. S., & Mishra, Y. K. (2015). Sustainable integrated approach for management of *Fusarium* wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen. *Sustainable Agriculture Research*, 4:138–147
- Rep, M., Dekker, H. L., Vossen, J. H., de Boer, A. D., Houterman, P. M., Speijer, D., ... & Cornelissen, B. J. (2002). Mass spectrometric identification of isoforms of PR proteins in xylem sap of fungus-infected tomato. *Plant Physiology*, 130(2), 904-917.
- Rijavec, T., & Lapanje, A. (2016). Hydrogen cyanide in the rhizosphere: not suppressing plant pathogens, but rather regulating availability of phosphate. *Frontiers In Microbiology*, 7, 1785.
- Rijavec, T., & Lapanje, A. (2017). Cyanogenic *Pseudomonas* spp. strains are concentrated in the rhizosphere of alpine pioneer plants. *Microbiological Research*, 194, 20-28.
- Rivera, L., & Aballay, E. (2008). Efecto Nematicida de Varias Enmiendas Orgánicas Sobre *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968, en Plantas de Vid en Macetas. *Chilean Journal Of Agricultural Research*, 68(3), 290-296.
- Ross, A. F. (1961). Systemic acquired resistance induced by localized virus infections in plants. *Virology*, 14(3), 340-358.
- Ryu, C. M., Hu, C. H., Locy, R. D., & Kloepper, J. W. (2005). Study of mechanisms for plant growth promotion elicited by rhizobacteria in *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Soil*, 268, 285-292.
- Ryu, C. M., Kim, J., Choi, O., Kim, S. H., & Park, C. S. (2006). Improvement of biological control capacity of *Paenibacillus polymyxa* E681 by seed pelleting on sesame. *Biological Control*, 39(3), 282-289.
- Sajeena, A., Nair, D. S., & Sreepavan, K. (2020). Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* as a biocontrol agent. *Indian Phytopathology*, 73(2), 177-183.

- Sahebani, N., & Hadavi, N. (2008). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil biology and biochemistry*, 40(8), 2016-2020.
- Sahu, B., Singh, J., Shankar, G., & Pradhan, A. (2018). *Pseudomonas fluorescens* PGPR bacteria as well as biocontrol agent: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 6(2), 01-07.
- Sahu, P. K., Jayalakshmi, K., Tilgam, J., Gupta, A., Nagaraju, Y., Kumar, A., ... & Rajawat, M. V. S. (2022). ROS generated from biotic stress: Effects on plants and alleviation by endophytic microbes. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1042936.
- Salazar-Antón, W., & Guzmán-Hernández, T. D. J. (2013). Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. *Agronomía mesoamericana*, 24(2), 419-426.
- Saremi, H., & Saremi, H. (2013). Isolation of the most common *Fusarium* species and the effect of soil solarisation on main pathogenic species in different climatic zones of Iran. *European Journal of Plant Pathology*, 137, 585-596.
- Sathiyabama, M., & Charles, R. E. (2015). Fungal cell wall polymer based nanoparticles in protection of tomato plants from wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Carbohydrate Polymers*, 133, 400-407.
- Sharma, B. K., Singh, R. P., Saha, S., Kumar, A., & Rai, A. B. (2011). Effect of temperature, pH and media on the growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing wilt of tomato. *Progressive Horticulture*, 43(2), 186-192.
- Schmidt, S. M., Houterman, P. M., Schreiver, I., Ma, L., Amyotte, S., Chellappan, B., ... & Rep, M. (2013). MITEs in the promoters of effector genes allow prediction of novel virulence genes in *Fusarium oxysporum*. *BMC genomics*, 14, 1-21.
- Schippers, B., Scheffer, R. J., Lugtenberg, B. J. J., & Weisbeek, P. J. (1995). Biocoating of seeds with plant growth-promoting rhizobacteria to improve plant establishment. *Outlook on Agriculture*, 24(3), 179-185.
- Schouteden, N., De Waele, D., Panis, B., & Vos, C. M. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi for the biocontrol of plant-parasitic nematodes: a review of the mechanisms involved. *Frontiers In Microbiology*, 6, 1280.
- Sehrawat, A., Sindhu, S. S., & Glick, B. R. (2022). Hydrogen cyanide production by soil bacteria: Biological control of pests and promotion of plant growth in sustainable agriculture. *Pedosphere*, 32(1), 15-38.
- Seid, A., Fininsa, C., Mekete, T., Decraemer, W., & Wesemael, W. M. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.)—a century-old battle. *Nematology*, 17(9), 995-1009.
- Selim, M. E., Mahdy, M. E., Sorial, M. E., Dababat, A. A., & Sikora, R. A. (2014). Biological and chemical dependent systemic resistance and their significance for the control of root-knot nematodes. *Nematology*, 16(8), 917-927.

- Sharma, I. P., & Sharma, A. K. (2017). Co-inoculation of tomato with an arbuscular mycorrhizal fungus improves plant immunity and reduces root-knot nematode infection. *Rhizosphere*, 4, 25-28.
- Sharma, S., Kumar, P., & Singh, A. (2024). Systemic acquired resistance vs induced systemic resistance: A review. *Agricultural Reviews*, 45(3), 410-419.
- Shahzad, R., Tayade, R., Shahid, M., Hussain, A., Ali, M. W., & Yun, B. W. (2021). Evaluation potential of PGPR to protect tomato against Fusarium wilt and promote plant growth. *Peer-Reviewed Journals*, 9, e11194.
- Siddiqui, I. A., & Shaukat, S. S. (2003). Endophytic bacteria: prospects and opportunities for the biological control of plant-parasitic nematodes. *Nematologia Mediterranea*, 31, 111-120
- Sidhu, G., and Webster, J. M. 1977. Predisposition of tomato to the wilt fungus (*Fusarium oxysporum lycopersici*) by the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *Nematologica*, 23:433-442.
- Sikora, R. A. 1992. Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for the biological control of plant-parasitic nematodes, *Annual Review of Phytopathology*, 30(1), 245-270.
- Sikora RA, Schönbeck F (1975) Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae (*Endogone mosseae*) on the population dynamics of the rootknot nematodes *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla*. In 'Proceedings VIII International Congress On Plant Protection'. pp. 158-166. (Moscow, Russia). 158-166
- Sikora RA, Schoenbeck F (1975) Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (*Endogone mosseae*) on the population dynamics of the (*Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla*). In: *VIII International Plant Protection Congress*, Reports and information, Section V, Moscow, USSR. pp 158-166
- Singh, S., Kumar, V., Datta, S., Dhanjal, D. S., & Singh, J. (2020). Plant disease management by bioactive natural products. *Natural Bioactive Products In Sustainable Agriculture*, 15-29.
- Singh, V. K., Singh, H. B., & Upadhyay, R. S. (2017). Role of fusaric acid in the development of 'Fusarium wilt' symptoms in tomato: Physiological, biochemical and proteomic perspectives. *Plant Physiology And Biochemistry*, 118, 320-332.
- Smith, J. A., Hammerschmidt, R., & Fulbright, D. W. (1991). Rapid induction of systemic resistance in cucumber by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 38(3), 223-235.
- Song, H., Lin, B., Huang, Q., Sun, T., Wang, W., Liao, J., & Zhuo, K. (2021). The *Meloidogyne javanica* effector Mj2G02 interferes with jasmonic acid signalling to suppress cell death and promote parasitism in *Arabidopsis*. *Molecular Plant Pathology*, 22(10), 1288-1301.

- Song, Z., Bi, Y., Zhang, J., Gong, Y., & Yang, H. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi promote the growth of plants in the mining associated clay. *Scientific Reports*, 10(1), 2663.
- Spoel, S. H., & Dong, X. (2012). How do plants achieve immunity? Defence without specialized immune cells. *Nature Reviews Immunology*, 12(2), 89-100.
- Srinivas, C., Devi, D. N., Murthy, K. N., Mohan, C. D., Lakshmeesha, T. R., Singh, B., ... & Srivastava, R. K. (2019). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity—A review. *Saudi Journal Of Biological Sciences*, 26(7), 1315-1324.
- Stirling G.R., 1991. Biological control of plant parasitic nematodes. Progress, Problems and Prospects. CAB International, Wallingford, UK, 282 pp
- Sun, X., Fang, X., Wang, D., Jones, D. A., & Ma, L. (2022). Transcriptome analysis of *Fusarium*–Tomato interaction based on an updated genome annotation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* identifies novel effector candidates that suppress or induce cell death in *Nicotiana benthamiana*. *Journal of Fungi*, 8(7), 672.
- Swamy Gowda, M. R., Mahesh, H. M., Sharada, M. S., & Sudhakar, P. (2018). Host-pathogen interactions of Tomato and *Fusarium oxysporum* F. sp. *lycopersici* pathogen causing wilt and its control through botanical extract. *International Journal of Current Research in Life Sciences*, 7(3), 1345-1350.
- Qin, M., Miranda, J. P., Tang, Y., Wei, W., Liu, Y., & Feng, H. (2021). Pathogenic microbes increase plant dependence on arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 12, 707118.
- Tariq, M., Khan, A., Asif, M., Khan, F., Ansari, T., Shariq, M., & Siddiqui, M. A. (2020). Biological control: a sustainable and practical approach for plant disease management. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B—Soil & Plant Science, 70(6), 507-524.
- TariqJaveed, M., Farooq, T., Al-Hazmi, A. S., Hussain, M. D., & Rehman, A. U. (2021). Role of *Trichoderma* as a biocontrol agent (BCA) of phytoparasitic nematodes and plant growth inducer. *Journal of Invertebrate Pathology*, 183, 107626.
- Timmusk, S., Seisenbaeva, G., & Behers, L. (2018). Titania (TiO₂) nanoparticles enhance the performance of growth-promoting rhizobacteria. *Scientific Reports*, 8(1), 617.
- Truong, N. M., Nguyen, C. N., Abad, P., Quentin, M., & Favery, B. (2015). Function of root-knot nematode effectors and their targets in plant parasitism. Academic Press. In *Advances in Botanical Research*, 73, 293-324.
- Usman, A., & Siddiqui, M. A. (2012). Effect of some fungal strains for the management of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on eggplant (*Solanum melongena*). *International Journal of Agricultural Technology*, 8(1):213–218.
- Vallad, G. E., & Goodman, R. M. (2004). Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science*, 44(6), 1920-1934.

- Venkataramana, M., Navya, K., Chandranayaka, S., Priyanka, S. R., Murali, H. S., & Batra, H. V. (2014). Development and validation of an immunochromatographic assay for rapid detection of fumonisin B1 from cereal samples. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1920-1928.
- Vos, C. M., Tesfahun, A. N., Panis, B., De Waele, D., & Elsen, A. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi induce systemic resistance in tomato against the sedentary nematode *Meloidogyne incognita* and the migratory nematode *Pratylenchus penetrans*. *Applied Soil Ecology*, 61, 1-6.
- Wagner, T. A., Duke, S. E., Davie, S. M., Magill, C., & Liu, J. (2022). Interaction of Fusarium wilt race 4 with root-knot nematode increases disease severity in cotton. *Plant Disease*, 106(10), 2558-2562.
- Wahab, A., Muhammad, M., Munir, A., Abdi, G., Zaman, W., Ayaz, A., ... & Reddy, S. P. P. (2023). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in regulating growth, enhancing productivity, and potentially influencing ecosystems under abiotic and biotic stresses. *Plants*, 12(17), 3102.
- Wang, W., Shi, J., Xie, Q., Jiang, Y., Yu, N., & Wang, E. (2017). Nutrient exchange and regulation in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Molecular Plant*, 10(9), 1147-1158.
- Walters, D. R., Ratsep, J., & Havis, N. D. (2013). Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. *Journal Of Experimental Botany*, 64(5), 1263-1280.
- Ward, E. R., Uknes, S. J., Williams, S. C., Dincher, S. S., Wiederhold, D. L., Alexander, D. C., & Ryals, J. A. (1991). Coordinate gene activity in response to agents that induce systemic acquired resistance. *The Plant Cell*, 3(10), 1085-1094.
- Webster, J. M. (2004). Plant nematology in Canada; reflections in 2004. *CPS-SCP News*, 48, 37-38.
- Wei, G., Kloepper, J. W., & Tuzun, S. (1991). Induction of systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum orbiculare* by select strains of plant growth-promoting rhizobacteria. *Phytopathology*, 81(11), 1508-1512.
- Weng, W., Yan, J., Zhou, M., Yao, X., Gao, A., Ma, C., & Ruan, J. (2022). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi as a biocontrol agent in the control of plant diseases. *Microorganisms*, 10(7), 1266.
- Wondafraash, M., Van Dam, N. M., & Tytgat, T. O. (2013). Plant systemic induced responses mediate interactions between root parasitic nematodes and aboveground herbivorous insects. *Frontiers In Plant Science*, 4, 87.
- Xiang, N., Lawrence, K. S., Kloepper, J. W., Donald, P. A., McInroy, J. A., & Lawrence, G. W. (2017). Biological control of *Meloidogyne incognita* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria on cotton. *Plant Disease*, 101(5), 774-784.

- Yang, J., Kloepper, J. W., & Ryu, C. M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in plant science*, 14(1), 1-4.
- Yedidia, I., Shores, M., Kerem, Z., Benhamou, N., Kapulnik, Y., & Chet, I. (2003). Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in cucumber by *Trichoderma asperellum* (T-203) and accumulation of phytoalexins. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(12), 7343-7353.
- Yigezu Wendimu, G. (2021). Biology, Taxonomy, and Management of the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) in Sweet Potato. *Advances in Agriculture*, 2021(1), 8820211.
- Yitayih, G. K., Mohamed, Y., & Awol, S. E. (2020). Interaction effect between *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on selected tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, 15(3), 330-342.
- Yu, Y., Gui, Y., Li, Z., Jiang, C., Guo, J., & Niu, D. (2022). Induced systemic resistance for improving plant immunity by beneficial microbes. *Plants*, 11(3), 386.
- Zahir, Z. A., Muhammad Arshad, M. A., & Frankenberger, W. J. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture.
- Zahir, Z.A.; Arshad, M.; William, T.; Frankenberger, W.T., Jr. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97–168.
- Zhang, Y., Li, S., Li, H., Wang, R., Zhang, K. Q., & Xu, J. (2020). Fungi–nematode interactions: Diversity, ecology, and biocontrol prospects in agriculture. *Journal of Fungi*, 6(4), 206.
- Zhang, S., Gan, Y., Liu, J., Zhou, J., & Xu, B. (2020). Optimization of the fermentation media and parameters for the bio-control potential of *Trichoderma longibrachiatum* T6 against nematodes. *Frontiers in Microbiology*, 11, 574601.
- Zhao, D., Zhao, H., Zhao, D., Zhu, X., Wang, Y., Duan, Y., & Chen, L. (2018). Isolation and identification of bacteria from rhizosphere soil and their effect on plant growth promotion and root-knot nematode disease. *Biological Control*, 119, 12-19.
- Zhu, N., Zhou, J. J., Zhang, S. W., & Xu, B. L. (2022). Mechanisms of *Trichoderma longibrachiatum* T6 fermentation against *Valsa mali* through inhibiting its growth and reproduction, pathogenicity and gene expression. *Journal of Fungi*, 8(2), 113.
- Zhuang, X., Chen, J., Shim, H., & Bai, Z. (2007). New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environment International*, 33(3), 406-413.
- Zou, Y. N., Wu, Q. S., & Kuča, K. (2021). Unravelling the role of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating the oxidative burst of plants under drought stress. *Plant Biology*, 23, 50-57.



BÖLÜM 20

Balıklarda Sindirim Fizyolojisi Ve Anatomisi

Mücahit Yüngül¹ & Mustafa Dörücü²

¹ Yük. Müh., Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, ORCID: 0000-0003-4226-0225

² Prof. Dr., Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, ORCID: 0000-0002-1330-4965

1. GİRİŞ

Balıklar omurgalı canlılar olmaları nedeniyle diğer omurgalı hayvanlarla birçok ortak özelliğe sahiptir. Ancak balıkların yaşadıkları ortama bağlı olarak farklılık gösteren sindirim sistemleri bulunmaktadır. Örneğin balık türlerinin büyük bir kısmında akciğer bulunmaz. Dolayısıyla balıklar solunumlarını solungaçları ile yapar ve sudaki çözünmüş oksijenden yararlanırlar (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Akyurt, 2004).

Dünyada canlıların yaşadığı ortam dikkate alındığında, bunların içinde en az değişken olanın sular olduğu görülmektedir. Suların sıcaklık, tuzluluk, oksijen ve pH gibi parametreleri incelendiğinde, değişim oranlarının çok düşük olduğu görülmektedir. Canlılar besinlerini almak ve metabolik faaliyetler ile solunum gibi yaşamsal işlevlerini gerçekleştirmek için dış ortam ile sıkı bir ilişkide bulunmak zorundadır. Doğal olarak canlı, dış ortamdan etkilenmektedir. Bu nedenle dış ortamın zararlı etkilerini önlemek amacıyla özellikle balıklarda, adaptasyon mekanizmaları gelişmiştir. Evrimden bugüne kadar çeşitli canlılar farklı vücut sıvıları, değişik dış görünümüler oluşturmuş; belli bölgelere ve ortamlara uyum sağlayarak yaşamlarını devam ettirmişlerdir. Canlı gerek sucul ortamlarda gerek karasal ortamda olsun, yaşamını ve yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için beslenmeye gereksinim duymaktadır. Canlının vücudundaki metabolik faaliyetler sonucunda farklı düzenler ortaya çıkmaktadır. Böylece sindirim, boşaltım, dolaşım gibi sistemler oluşarak canlının yaşamı düzenlenmiş olmaktadır (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Akyurt, 2004).

Balıkların özellikle larval dönemlerinde meydana gelen fizyolojik değişiklikler, diğer dönemlerine göre daha fazla olup, önem arz etmektedir. Balık larvalarındaki sindirim kanalı morfolojik, histolojik ve fizyolojik olarak, yetişkin balıkların sindirim kanallarından çok daha az ayrıntılı bir yapıdadır. Yumurta sarısı ve yağ damlasının emiliminden önce ilkel bir bağırsak yapısı mevcuttur. Kuluçkalanma esnasında ise sindirim kanalı yumurta sarısının dorsalinde düz bir tüp şeklindedir ve histolojik açıdan fark edilmemektedir. Yağ damlasının ve yumurta sarısının emiliminin tamamlanması ile ağız boşluğu, sindirim sisteminin ön, orta ve son kısımları oluşmaya başlar (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Akyurt, 2004).

Sindirim sisteminin ön (baş) kısmının posteriöründen midenin ve pilorik sekaların gelişmesi ile birlikte sindirim kanalının en büyük değişimi gerçekleşmiş olur. Larvalarda sindirim kanalının orta ve son kısımlarının fonksiyonu ise yetişkin midesiz balıklardaki anterior ve posterior bağırsağın fonksiyonuna benzer. Proteinlerin peptidlere ve amino asitlere hidrolizi sindirim kanalının orta ve son

kısımındaki tripsin, kemotripsin ve aminopeptidaz aktivitesi ile meydana gelmektedir (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Akyurt, 2004).

Larvalarda; sindirim enzimlerinin aktivitesi yem alımının başlarında düşüktür. Fakat larval dönem süresince, larval yemdeki enzimlerin varlığı ya da yem tüketimine bağlı olarak mukozal epitelyum, pankreas ve karaciğerden yapılan enzim ve salgıların etkisi ile artmaktadır. Larval balıklarda besinlerin bağırsağa geçişi erişkinlere oranla daha hızlı olup, sindirim hızlıdır (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Akyurt, 2004).

Yukarıda belirtilen özellikler göz önünde bulundurulduğunda; balıklarda beslenme, büyüme ve yaşamı sürdürmede oldukça önemli olan sindirimin anlaşılabilmesi için sindirim sistemi fizyolojisi ve anatomisinin iyi bilinmesi gerekir. Dolayısıyla bu alandaki literatür eksikliğini gidermek ve mevcut literatüre katkıda bulunmak amacıyla bu derleme çalışması yapılmıştır (Hoşsu vd., 2001).

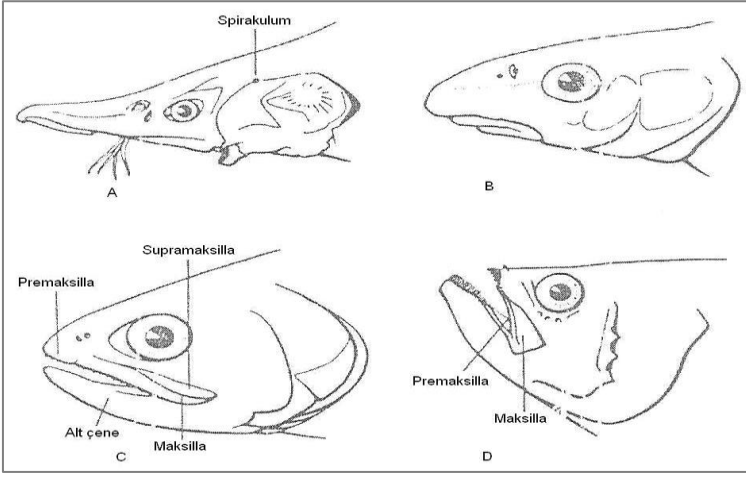
2. BALIKLARDA SİNDİRİM ORGANLARI VE GÖREVLERİ

2.1. Ağız

Balıklarda farklı beslenme alışkanlıkları, yem almada ve yakalamada ki değişiklikler, farklı ağız yapıları ve konumlarına neden olmuştur. Büyük besin parçalarını yutan balıklarda şekil değiştirmemiş ince dudaklar bulunur. Emici balıklarda ağız ventralde olup, dudaklar etlidir. *Petromyzon*'ların parazit olanlarında ise çenesiz ağız, hem konağa tutunmaya hem de onun kanını emmeye yaramaktadır (Çetinkaya, 1995; Demirsoy, 1998; Hoşsu vd., 2001; Geldiay ve Balık, 2002).

Balıklarda ağız, alt ve üst çenelerle desteklenmiş dudaklarla çevrilidir. Dudaklar bazı balıklarda kıkırdak plaklarla oluşmakla beraber, büyük çoğunluğunda zarsı yapıdadır. Kemikli balıkların dudaklarında pul bulunmaz. Ancak küçük duyu organları bulunabilir. *Cyprinus* (sazan), *Silurus* (yayın balığı), *Clarias* (karabalık), *Barbus* (bıyıklı balık) gibi bazı balık cinslerinde ağzın çevresinde dokunma işlevi gören ve bıyıklar olarak adlandırılan deri uzantıları vardır (Demirsoy, 1998; Geldiay ve Balık, 2002; Sarıhan ve Cengizler, 2006).

Ağız, konumları bakımından üç grupta incelenmektedir. Dorsal konumlu (yukarıya dönük) ağız tipi; bunlarda alt çene üst çeneye göre biraz daha uzundur. Terminal konumlu ağız tipi (uç durumlu); iki çene uzunluğu hemen hemen eşittir ve ağız açıklığı yere paralel durumdadır. Ventral konumlu ağız tipinde ise; üst çene alt çeneye göre biraz daha uzundur ve ağız aşağıya yöneliktir (Şekil 1) (Demirsoy, 1998; Geldiay ve Balık, 2002; Sarıhan ve Cengizler, 2006).



Şekil 1. Balıklarda ağız konumları A. Ventral (*Acipenser*), B. Subterminal (*Rhynchthys*) C. Terminal (*Salmo*), D. Dorsale dönük (*Trichodon*) (Bond, 1979; Demir, 2006)

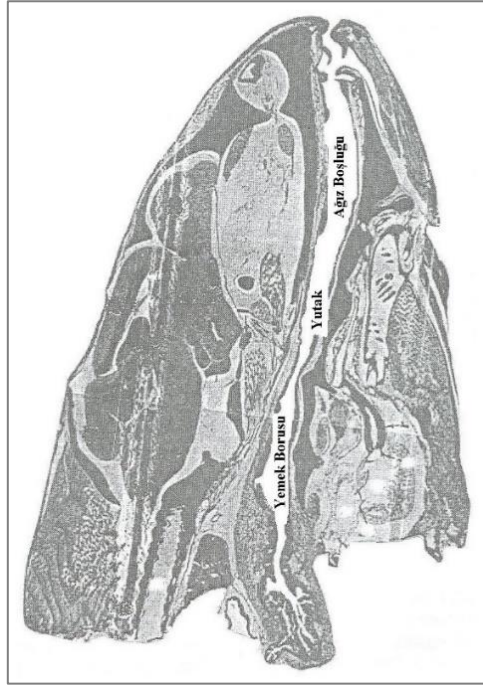
Balıklarda ağızda; besini saran, kayganlaştırarak yutulmasını kolaylaştıran mukus maddesini salgılayan bezler bulunur. Ayrıca ağızda balıklara besin çeşidinin seçiminde yardımcı olan “tat tomurcukları” yer alır. Parazitik yaşayan *Petromyzom* türleri haricindeki balıkların ağızlarında tükrük bezleri bulunmaz (Geldiay ve Balık, 2002; Köprücü, 2008).

Balıkların ağız şekilleri ve ağız genişlikleri yemin alınma tarzını etkilediği için, karma yemlerin suya atıldığında söz konusu balık türü tarafından kolayca alınabilecek fiziksel yapıda üretilmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca yemin çapı balığın ağız genişliğine uygun olmalıdır (Çetinkaya, 1995; Geldiay ve Balık, 2002; Köprücü, 2008).

2.2. Farinks (Yutak)

Balıklar genellikle besinlerini bütün halde yutarlar, bazı türlerde (sazangiller vb.) yutakta bulunan yutak dişleri vasıtasıyla besinler kısmen ezilip parçalanarak yutulur (Çetinkaya, 1995; Geldiay ve Balık, 2002).

Ağız ile yemek borusu arasında bulunan yutak, kısa ve geniş bir kısımdır. Balıklar tarafından ağza alınan suyun mideye gitmesini önlemek için yutak devamlı kapalı kalır. Ancak besinler geçerken açılır. Bazı balıklarda solungaç kemeri ve solungaç yarıklarının boğaz bölgesinde yer alan farinks dişleri, farinksin içeriye doğru açılan kısmında bir kapak gibi görev yapmaktadır (Şekil 2). Alınan besinler farinksten yemek borusuna (özofagus) geçer (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Geldiay ve Balık, 2002; URL 1, 2016).



Şekil 2. Farinks (yutak) (Yasutake, 1983)

2.3. Özofagus (Yemek Borusu)

Balıklarda özofagus (yemek borusu) uzunluk, yapı ve fonksiyon bakımından türden türe değişiklik gösterir. Özofagus; tüp şeklinde, kıvrımlı, büzülüp gevşeyebilen, belli ölçüde genişleyebilen, kaslardan yapılmış bir organdır (Çetinkaya, 1995; Demirsoy, 1998). Buna göre herbivor ve omnivor türlerde bu bölgede kısa ve dar olan özofagus, karnivor ve predatörlerde uzun ve genişleyebilen bir yapıdadır (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Geldiay ve Balık, 2002; URL 2, 2020).

Birçok tür, çok sayıda mukus salgılayan hücrelere ve tat tomurcuklarına sahiptir. Tatlısu balıkları deniz balıklarına göre daha uzun özofarinjiyal kaslara sahiptir. Bunun nedeni tatlısu balıklarının deniz balıklarına oranla daha fazla suyu vücutlarından atma zorunluluğunda olmalarıdır (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Geldiay ve Balık, 2002).

Ağıza alınan besinin suyla beraber mideye gitmesini önlemek için burada büzücü yapıda bir kas mevcuttur ve buna “özofajiyal sfinkter” adı verilir. Ayrıca bu kas, solunum esnasında yemek borusunu da kapatmaktadır (Hoşsu vd., 2001; Geldiay ve Balık, 2002).

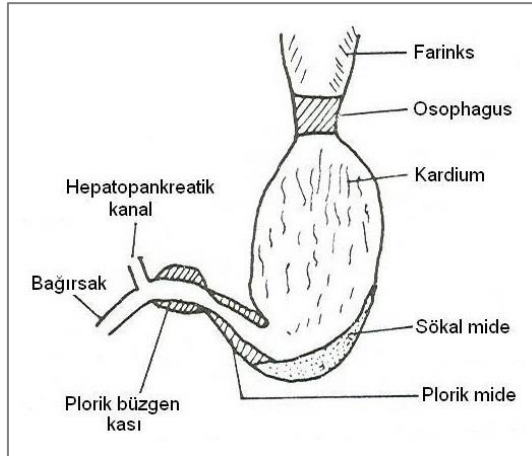
Özofagusun temel görevi; ağızla mide arasında besinlerin iletimini sağlamaktır. Güçlü kas tabakaları sayesinde iletim kolayca gerçekleştirilir. Özofagusta tat

tomurcukları ve mukus hücreleri de vardır. Bazı balıklarda yemek borusunun, kimyasal-enzimatik sindirim fonksiyonu da yaptığı belirlenmiştir. Midesiz balıklarda yemek borusu doğrudan bağırsak veya mide görevi yapan genişlemiş bağırsak kısmına açılır. Mideli balıklarda ise özofagus, bir kardiyak sfinkter ile mideden ayrılır. Bu kapak mideye gelen besinleri sudan ayırır ve besinlerin mideden geri dönmesini önler (Geldiay ve Balık, 2002; Köprücü, 2008).

2.4. Mide

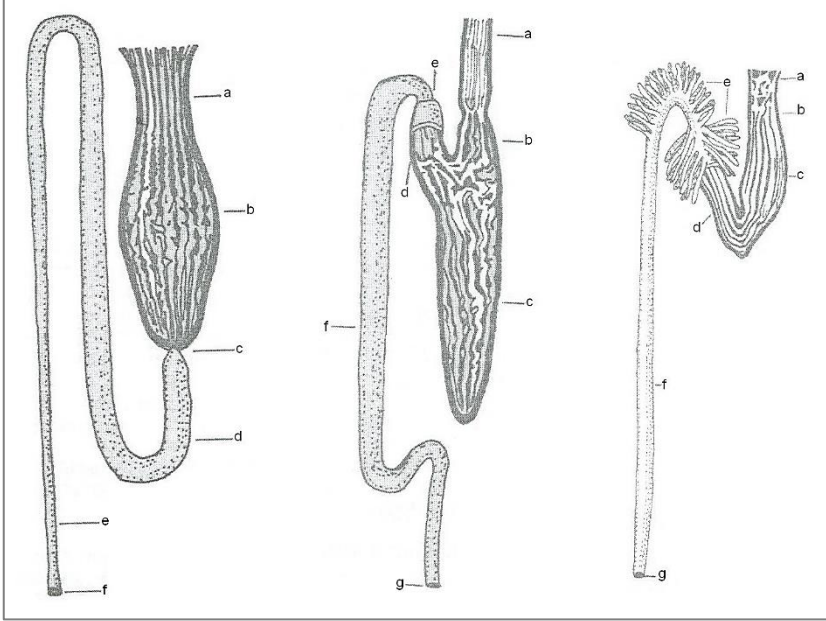
Diğer hayvan türlerinde olduğu gibi balıklarda da, temel olarak sindirimin gerçekleştirildiği, sindirim sisteminin en önemli organı midedir. Ancak balıkların bir kısmında karakteristik ve belirgin bir mide görülmez. Örneğin; Sazan (*Cyprinus carpio*) balıkları ve kadife balığı (*Tinca tinca*) vb. (Çetinkaya, 1995; Geldiay ve Balık, 2002; Noyan, 2003).

Besinler yemek borusundan sonra mideye geçmektedirler. Mideli balıklarda özofagusun mideye bağlı olan kısmına “Kardium” veya “Kardiyal mide”, midenin bağırsağa bağlı kısmına da “Pilor” veya “Pilorik mide” denir. Yılan balığı veya sazan balığı gibi bazı türlerde midenin alt kısmında torba şeklinde bir bölüm vardır. Buna “Sökal mide” denir. Ayrıca pek çok balık türünde (*Mugil sp.*, *Anguilla sp.*) pilorik mide ile hepatopankreatik kanal arasında büzgen kaslar vardır ve bunlara “Pilorik kaslar” adı verilir. Bu kaslar sayesinde bağırsağa geçen besinlerin geri dönmesi engellenmiş olur (Şekil 3) (Geldiay ve Balık, 2002; Çelikkale, 2003; Akyurt, 2004; URL 1, 2016).



Şekil 3. Midesi bulunan balıklarda ağızla bağırsak arasındaki mide kısımları (Çelikkale, 2003; Noyan, 2003)

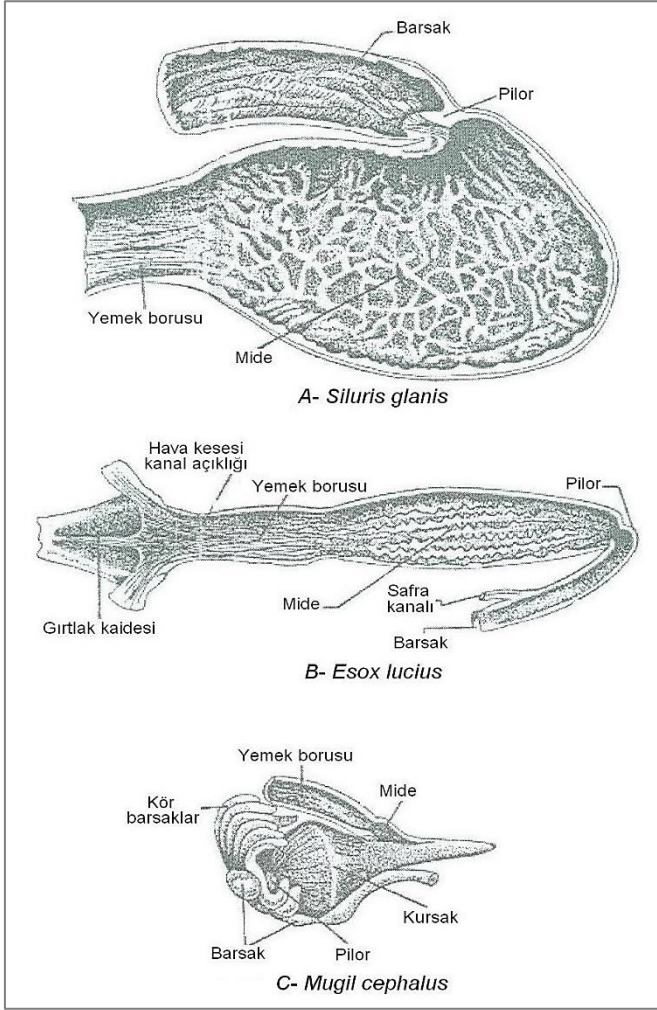
Balıklarda mide yapıları, şekil ve büyüklükleri türlere göre farklılık gösterir (Şekil 4). Örneğin; Karnivor balıklarda mide uzun bir tüp şeklinde olup, omnivor balıklarda ise keseye benzer. Dolayısıyla bu yapı ile insan midesini andırır (Demirsoy, 1998; Geldiay ve Balık, 2002; Timur, 2011; URL 1, 2016; URL, 2020).



Şekil 4. Bazı balıkların mide yapıları a. Yemek borusu, b.c. Mide, d. Mide kapısı, e. Kör kese, f. Bağırsak, g. Anüs (Wunder, 1970; Çelikkale, 2003)

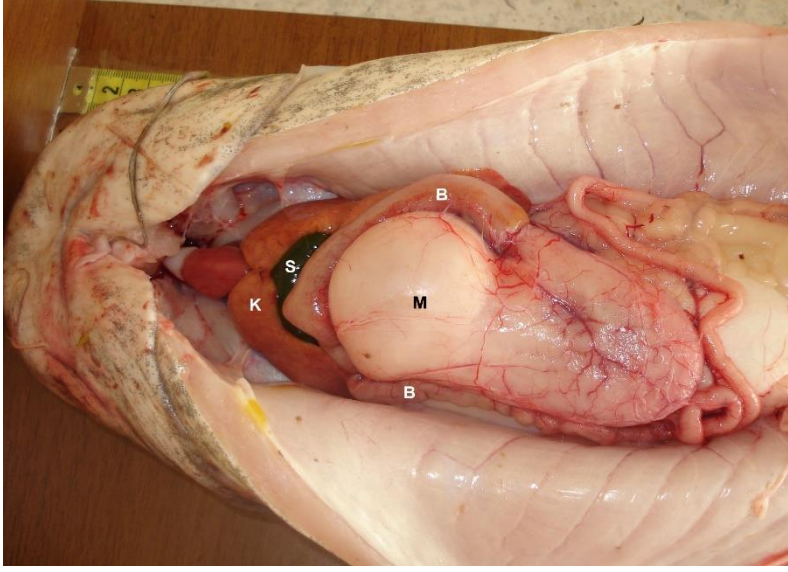
Mersin balıkları, köpek balıkları ve kefal balıklarında olduğu gibi, bazı balıkların midelerinde ise taşlık kısmı mevcuttur. Bu balıklarda mide küçülmüş fakat mide duvarı oldukça kalın bir kas tabakasından oluşmuştur. Besinlerini taban çamuru ile birlikte alan kefal balıklarında da mide çeperinin bazı bölgeleri çok kalınlaşmış ve kuvvetli kas tabakası ile kuşların midelerindeki taşlık bölgesi gibi öğütücü bir organ haline dönüşmüştür (Timur, 2011).

Bazı balıklarda, örneğin sazan balıklarında gerçek mide bulunmaz. Böyle balıklarda mide, sindirim kanalının bir parçasıdır. Asit salgılayabilen ve genişlemiş olan bu kısım, sazan balıklarında midenin görevini üstlenir. Bazı karnivor balıklarda da gerçek mide bulunmaz. Bunlara örnek olarak zurna balıkları (*Scomber saurus*) verilebilir (Timur, 2011). Karnivor balıklarda midenin olması, midesiz balıklara nazaran yapısal farklılığın ötesinde pepsin enzimi ve düşük pH değerinin oluşu ile de karakterize edilmektedir (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; URL 3, 2024).



Şekil 5. Bazı balıklarda mide tipleri (Lagler vd., 1962; Geldiay ve Balık, 2002)

Midenin şekli alınan besin maddeleri ile de bağlantılıdır. Besinlerini dipten alan ya da küçük partiküllerle beslenen balıklar, küçük bir mideye gereksinim duyarlar (Şekil 5, 6) (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001).



Şekil 6. Yayın balığında sindirim (M. mide, B. bağırsaklar) ve sindirime yardımcı organlar (K. karaciğer, S. safra kesesi) (Yüngül ve Dörücü, 2023)

Midede bulunan gastrik bezler (mide bezleri), hidroklorik asit ve düşük pH da pepsin'e dönüşen pepsinojen enzimini salgılar (Kanal yayın balığı, salmonlar vb). Bu salgılar sayesinde midede proteinlerin asidik sindirimleri gerçekleştirilir. Midede ayrıca mukus salgılayan bezler de bulunur. Bu bezlerin salgıladığı mukus, mide dokusunu mekanik zararlardan ve asit salgılarından korur. Bazı balık türlerinin midelerinde lipaz ve kitinaz enzimlerinin varlığı da tespit edilmiştir (Çetinkaya, 1995; Köprücü, 2008).

2.5. Pilorik Seka (Kör Kese)

Pilorik seka veya Kör kese, yalnızca mideli balıklarda bulunur. Mide çıkışında, ön bağırsak duvarında yerleşmiş ve bağırsağa açılan, değişken sayıda, parmak şekilli, yağ dokusu ile çevrili olan bu organlar, laktaz enzimini salgılar. Sayıları, şekil ve büyüklükleri, türden türe, aynı tür içinde yaşa ve varyeteye göre değişir. Balıkların değişik sayıda pilorik sekaya sahip olması, tür belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Örneğin; Pilorik sekalar çipurada 4 adet iken, bu sayı alabalıklarda 30'un üzerindedir. Gökkuşağı alabalıklarında ise bu sayı 50 civarındadır (Çetinkaya, 1995; Demirsoy, 1998; Hoşsu vd., 2001).

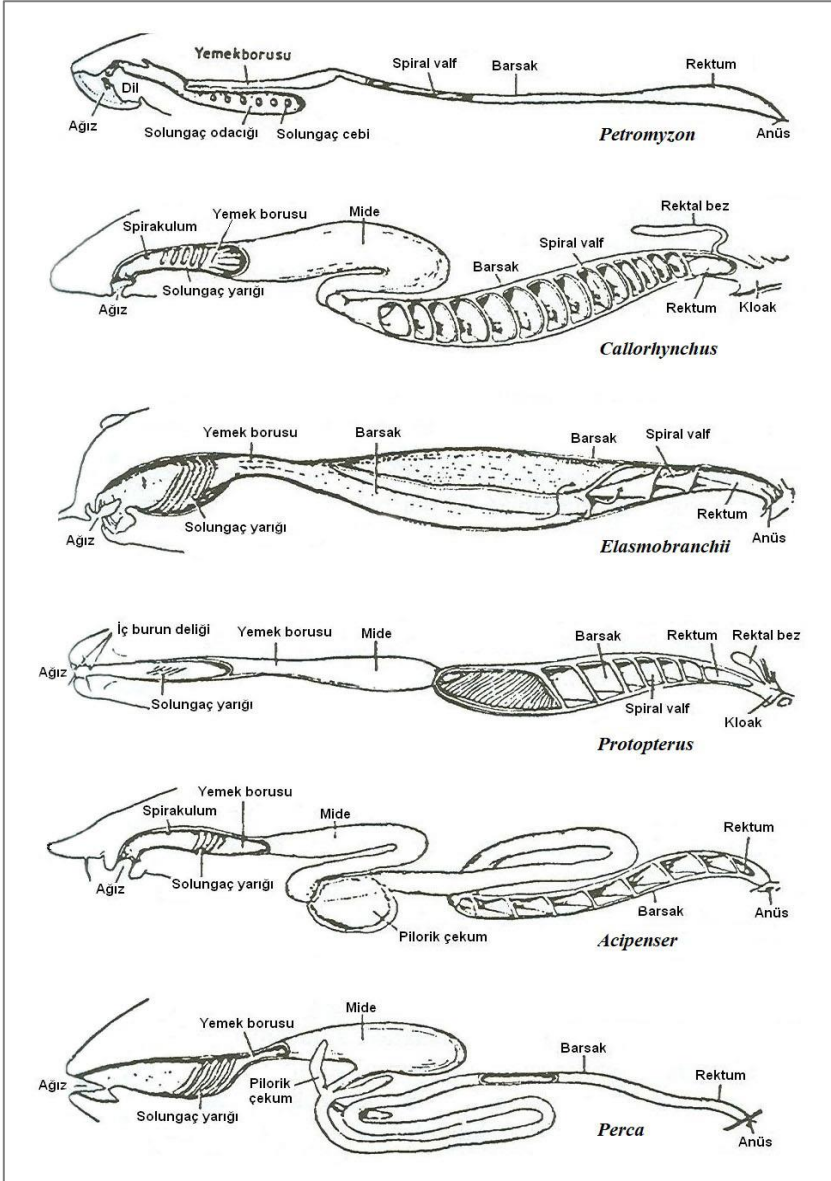
Bu pilorik uzantıların her biri ayrı bir delikle bağırsağa açıldığı gibi (Örneğin, Salmonidler), birleşerek tek bir delik halinde de bağırsağa açılabilir. Buna kırlangıç balığı (*Gadus merlangus*) örnek verilebilir (Akyurt, 2004; Köprücü, 2008).

Pilorik sekanın görevi; sindirim ve emilmeye katılmak, yardımcı olmaktır. Vücuda alınmış besinleri bir süre daha sindirim sisteminde alıkoyarak, bağırsak boşaltım süresini uzatırlar, sindirim fonksiyonuna katkıda bulunurlar. Böylece karbonhidrat ve yağın emilimine katkı sağlayarak besinlerden yararlanma oranını yükseltirler (Çetinkaya, 1995).

2.6. Bağırsaklar

Bağırsaklar, mideden sonra gelen, uzunlukları, şekilleri türden türe değişen organlardır (Şekil 6). Buna göre bazı balık türlerinde ön ve arka bağırsak olarak iki kısma ayrılırlar. Bazı balıklarda ise bu ayrım yoktur. Bağırsaklar rektum olarak adlandırılan bir bölüm ile anüse açılır. Bağırsakların uzunlukları genel olarak karnivorlarda en kısa, omnivorlarda orta uzunlukta ve herbivorlarda ise en uzun yapıdadır. Karnivor balıklarda bağırsağın kısa oluşunun nedeni hayvansal besinlerin, bitkisel besinlere oranla daha hızlı sindirilmeleridir (Çetinkaya, 1995; Demirsoy, 1998; Hoşsu vd., 2001; URL 1, 2016; URL 2, 2020).

Bağırsakta eksokrin pankreas ve bağırsak mukozası tarafından üretilerek bağırsak lümenine salgılanan sindirim enzimleri, nötr pH da bağırsağa gelmiş besinlerin sindirimini sağlarlar (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001).

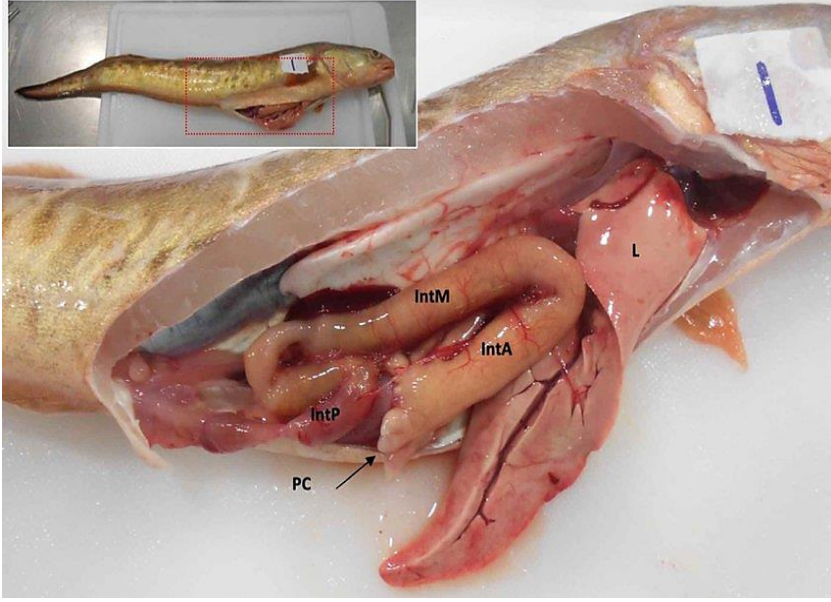


Şekil 7. Farklı balık gruplarında sindirim kanalı (Romer, 1967; Demir, 2006)

Bağırsak mukozası; proteaz'ları (aminopeptidaz, dipeptidaz ve tripeptidaz), alkali ve asit nükleosidaz'ları, polinükleosidaz'ları, lesitinaz, lipaz, esteraz, amilaz ve laminarinaz enzimlerini salgılar (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001).

Bağırsakların görevleri; sindirimi tamamlamak, absorpsiyon işlemini gerçekleştirmek ve sindirilemeyen besinlerin boşaltımını sağlamaktır (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; URL 3, 2024).

Balıklarda orta bağırsak (ince bağırsak), gerçek sindirimin yapıldığı yerdir. *Chondrichthyes*, *Dipnoi*, *Crossopterygii* ve *Chondrostei*'de bağırsak kısa, fakat geniştir (Şekil 7). *Actinopterygii*'de de (Şekil 8), midenin pilorik bölgesiyle bağırsağın birleştiği yerde, “pilorik seka” denilen ve genellikle parmak şeklinde, kapalı bir uçla son bulan uzantılar vardır (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Demir, 2006; URL 4, 2024).



Şekil 8. *Genypterus chilensis*'in sindirim kanalının anatomisi (IntA. pilorik seka (PC) ile ön bağırsağın ilk segmenti, IntM. pilorik sekanın arkasındaki orta bağırsağın ilk segmenti, IntP. arka segment) (Salinas vd., 2020)

Orta bağırsak'ta çeşitli sindirim enzimleri salgılanmaktadır ve burada besinler bağırsak hücreleri tarafından emilir ve submukoza'da yer alan kapillar kan damarları yoluyla kan dolaşımı ve lenf sistemlerine iletilirler. Bu emilen besinler portal vena yoluyla karaciğere taşınırlar. Yapılan histokimyasal incelemelerde; yağ asitleri, amino asitler ve glikozun ön bağırsak tarafından, bazı proteinleri de kapsayan makro moleküllerin, su ve minerallerin ise arka bağırsak tarafından absorbe edildiği görülmüştür. Sindirilmeyen besinlerin suyu alınarak boşaltımı da arka bağırsak tarafından gerçekleştirilir (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001).

3. BALIKLARDA SİNDİRİME YARDIMCI ORGANLAR VE GÖREVLERİ

Sindirim sistemi içinde yer alan, salgıladıkları salgı ve enzimlerle sindirimde rol oynayan bazı organlarda mevcuttur. Bunlar, karaciğer, safra kesesi ve pankreasır (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001).

3.1. Karaciğer ve Safra Kesesi

Balıklarda karaciğer, türe bağlı olarak çeşitli şekillerde olup, genellikle koyu kahverengi-kırmızımtırak renklidir. Karaciğer ağırlığı vücut ağırlığının % 2,5 - % 4,5 i arasında değişir (Şener, 2001). Safra kesesi karaciğere bitişik bir organ olup, karaciğer tarafından salgılanan, sarı-yeşil renkli safra sıvısını depolar ve safra kanalları yoluyla bağırsak lumenine iletir (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Timur, 2008).

Karaciğer, diğer omurgalılarda olduğu gibi balıklarda da embriyonik gelişme sırasında bağırsağın ventral bir çıkıntısı şeklinde oluşmaya başlar. Bu çıkıntının ön kısmı karaciğeri, arka kısmı ise safra kesesi ve safra kanallarını (Şekil 6) oluşturur (Hoşsu vd., 2001; Noyan, 2003).

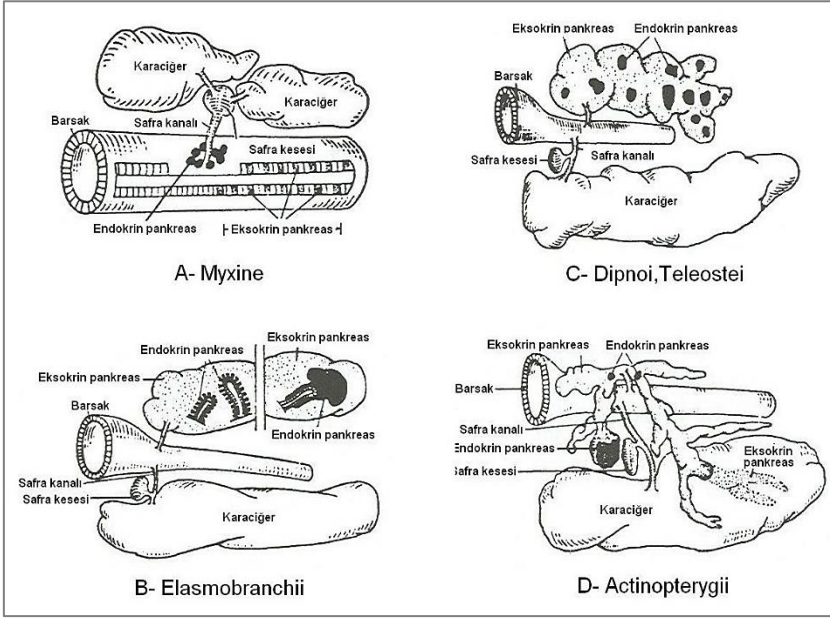
Karaciğerin sindirimdeki rolü safra salgılanmasıdır. Safra, bağırsak lumenindeki yağları küçük yağ damlacıkları halinde dağıtarak enzimatik faaliyete uygun hale getiren safra tuzları ile kırmızı kan hücreleri ve hemoglobinin parçalanmasından oluşan “biluverdin” ve “bilurubin” gibi safra pigmentlerini de içerir. Ayrıca safra, sadece yağların hidrolizine yardım etmede değil, aynı zamanda bağırsaktaki sindirim özsularının, sindirim enzimlerinin iş görebilmesi için uygun alkaliniteye getirilmesinde de rol oynar (Noyan, 2003; Demir, 2006; URL 3, 2024).

Karaciğer, sindirim dışında balıkta farklı görevleri de yerine getirir: Bu bağlamda karaciğer; yağ, glikojen, A ve D vitaminlerini depo etmektedir. Karaciğerin kan hücrelerinin parçalanmasında ve kan kimyasında rolü olduğu gibi, üre ve diğer azotlu boşaltım maddelerinin oluşumu ile ilgili metabolik işlevleri de vardır. Ayrıca karaciğer vücuttaki zehirli maddelerin, daha az zehirli bileşiklere dönüşerek atılmasını ve etkisiz hale gelmelerini de sağlar (Sarı ve Çakmak, 1996; Demir, 2006; Timur, 2008).

3.2. Pankreas

Balıklarda pankreas, genellikle dağınık bir organdır. İç organlar arasına dağılmış, yağ dokusu ile karışmış halde bulunur. Bazı balık türlerinde ise (*Cyprinidae*) pankreas, karaciğerin içinde karışık bir halde bulunur ve “hepatopankreas” adını alır, nispeten büyük bir organdır, karın boşluğu içinde yayılır (Şekil 9) (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001; Chanet vd., 2023).

Pankreas; glukagon ve insülin hormonları üretilip salgılayan endokrin (iç salgı) ve sükröz, maltoz, amilaz, laktoz gibi karbonhidratları sindiren enzimler ile, yağları sindiren lipaz ve bazı proteinleri sindiren tripsin, kemotripsin, karboksipeptidaz, elastaz enzimlerini salgılayan ekzokrin (dış salgı) işlevi olan iki organdan oluşur (Demir, 2006; Timur, 2008; Chanet vd., 2023).



Şekil 9. Farklı balık gruplarında pankreas (Epple ve Brinn, 1986)

Bütün bu enzimler proenzimler olarak salgılanır, depolanır ve gönderildikleri bağırsak lümeninde de nötr pH’da aktif hale gelerek faaliyette bulunurlar (Çetinkaya, 1995; Hoşsu vd., 2001).

Pankreas salgıları protein, karbonhidrat ve yağların sindiriminde önemli bir rol oynamaktadır. Pankreas, balık tarafından alınan bir gıdanın sindirimi ile ilgili olarak proteinlerin parçalanması için “tripsin”, yağların parçalanması için “lipaz”, karbonhidratların parçalanması için ise “amilaz” enzimlerini salgılar (Demirsoy, 1998; Sarıhan ve Cengizler, 2006; Timur, 2011; URL 3, 2024).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sindirim, yemin hayvan tarafından bağırsaklarda emilime hazırlanması işlemi olup, bu işlem sırasında; yemdeki temel besin maddeleri için enzimler vasıtasıyla yapı taşlarına parçalanması, inorganik maddelerle pH'nın düzenlenmesi gerçekleşir. Sindirim ile paralel olarak düşünülen emilim ise hayvan tarafından metabolize edilen iyon ve moleküllerin bağırsak çeperinden geçerek kan ve lenf sistemine iletilmesi anlamına gelmektedir.

Sindirim, yenen materyallerin ufak parçalara, daha sonra da moleküllerine ayrılarak bağırsak duvarından kana geçmesi olduğuna göre, diğer bir sindirim tanımı olarak proteinlerin aminoasitlere ayrışması, karbonhidratların şekere, yağların da yağ asitlerine ve gliserole ayrılmasıdır. Bu tanımlar daha ayrıntılı olarak incelendiğinde, sindirim sisteminde yer alan organlar ile sindirime yardımcı organların görevleri de ifade edilmiş olacaktır. Bu bağlamda büyümeyi ve gelişmeyi sağlayacak farklı beslenme stratejilerinin belirlenmesi ve buna uygun beslenme protokollerinin oluşturulabilmesi için öncelikle sindirimin nasıl gerçekleştiğinin yeterince bilinmesinin bir zorunluluk haline geldiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyurt, İ. (2004). Balık Besleme. Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitapları.
- Bond, C.E. (1979). Biology of Fishes. Saunders College Publishing, Philadelphia.
- Chanet, B., K. Schnell, N., Guintard, C. and Chen, W.J. (2023). Anatomy of the Endocrine Pancreas in Actinopterygian Fishes and its Phylogenetic Implications. *Scientific Reports*, 13, 2250. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49404-7>
- Çelikkale, M.S. (2003). Balık Biyolojisi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- Çetinkaya, O. (1995). Balık Besleme. Van: Yüzüncüyl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Demir, N. (2006). İhtiyoloji. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Demirsoy, A. (1998). Yaşamın Temel Kuralları (Omurgalılar / Anamniyota). Cilt III / Kısım-I, Ankara: Meteksan Yayınları.
- Epple, A. and Brinn, J.E. (1986). Pancreatic Islets. Pang, P.K.T., Schreibman, M.P.S. (Eds.), Vertebrate Endocrinology. Fundamentals and Biomedical Implications, Vol.1. Academic Pres. Orlando, 270-317pp.
- Geldiay, R. ve Balık, S. (2002). Türkiye Tatlısu Balıkları. Bornova / İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y. ve Fırat, A. (2001). Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası). Bornova / İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Köprücü, K. (2008). Balık Besleme. Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Notları. Elazığ.
- Lagler, K.F., Bardach, J.E. and Miller, R.R. (1962). Ichthyology. The Study of Fishes. NewYork-London: John Wiley and Sons., Inc.
- Noyan, A. (2003). Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji. Ankara: Meteksan A.Ş.
- Romer, A.S. (1967). The Vertebrate Body, 3rd ed.. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Salinas, P., Serrano, E., Sánchez, J.C. and Godoy, M. (2020). Anatomical and Histological Characterization of the Digestive Canal of the Golden Kingklip (*Genypterus blacodes*). *Int. J. Morphol.*, 38(3), 677-682.
- Sarı, M. ve Çakmak, M.N. (1996). Balık Besleme. Elazığ: Fırat Üniversitesi Yayınları.
- Sarihan, E. ve Cengizler, İ. (2006). Temel Balık Anatomisi ve Fizyolojisi. Adana: Adana Nobel Kitabevi Yayınları.
- Şener, E. (2001). Balık Besleme Besin Maddeleri ve Temel Beslenme Kuralları. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.

- Timur, G. (2008). Balık Anatomisi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Timur, M. (2011). Balık Fizyolojisi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- URL 1, 2016. https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Bal%C4%B1k%20Biyolojisi.pdf
- URL 2, 2020. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/mayoruk/72804/BALIK%20BESLEME-2020.pdf>
- URL 3, 2024. <https://www.sindirim.gen.tr/baliklarda-sindirim-sistemi.html>
- URL 4, 2024. <https://en.wikipedia.org/wiki/Cusk-eel>
- Wunder, W. (1970). Über Bau und Funktion des Magens und Darmes bei Verschiedenen Raubfischen des Süßwassers. *Allgem. Fisch. Zeitung*. 95, 17-18.
- Yasutake, W.T. and Wales, J.H. (1983). Microscopic Anatomy of Salmonids An Atlas, s.33, U.S. Fish & Wildlife Service, Resource Publ 150. Washington.
- Yüngül, M. ve Dörücü, M. (2023). Yayın Balığı (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758) 'nın Üretim ve Yetiştiriciliği. İçinde A.M. Bozdoğan ve N.Y. Bozdoğan (Editör), *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Araştırma ve Derlemeler* (s. 413-441). Ankara: Platanus Publishing.



BÖLÜM 21

Tarımsal Su Planlama Sorunları

Gözde Hafize Yıldırım¹

¹ Araştırma Görevlisi Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Rize/Türkiye, 0000-0002-0557-6442

GİRİŞ

Su, yaşamın devamlılığını sağlamada ve tarımsal üretimin sürdürülmesinde vazgeçilmez bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Ancak, artan nüfus, iklim değişikliği ve sanayileşme gibi faktörler, su kaynakları üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır. Türkiye’de tarımda sulama amacıyla gereğinden fazla su kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biri, sulama şebekelerinde su kayıplarının oldukça yüksek olmasıdır. Örneğin, 2005 yılında DSİ tarafından işletilen ve devredilen sulamalarda net sulama suyu ihtiyacı 4589 m³/ha iken, uygulamada 10553 m³/ha su verilmiştir. Bu rakamlar, ihtiyacın yaklaşık iki katı kadar su kullanıldığını göstermektedir. Bu nedenle, tarımda su kayıplarını en aza indirmek için su iletim ve dağıtım sistemlerinin yenilenmesi gerekmektedir. Yeni sulama projelerinde, açık kanal-kanalet sistemleri yerine borulu sistemler tercih edilmeli, tarla sulama sistemlerinde ise basınçlı sistemler kullanılmalıdır (Anonim 2006; Çakmak ve ark., 2008).

Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaşanan su kıtlığı tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Su kaynaklarının etkin kullanımı ve geri kazanımı, bu sorunların çözümünde hayati bir öneme sahiptir. Tarımsal üretimde toplam tatlı su kullanımının dünya genelinde %70 gibi büyük bir paya sahip olması, bu alanda suyun daha verimli yönetilmesini gerektirmektedir. Artırılmış atıksular gibi alternatif su kaynaklarının tarımda kullanımı su krizine çözüm sunmakta ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Ülkemizde sulanan alan toplam tarımsal alanın yaklaşık %19’unu oluşturan 4.9 milyon hektardır. Teknik ve ekonomik olarak sulanabilir alan ise 8.5 milyon hektardır. Mevcut kaynakların etkin bir şekilde yönetilmesi durumunda bu alanın tamamının sulanması mümkündür. Ancak, artan nüfus ve su talebi nedeniyle Türkiye’nin yakın gelecekte su sıkıntıları yaşayacağı öngörülmektedir. Bu sorunların çözümü için kısıtlı sulama sistemlerinin uygulanması, atık suların arıtılıp yeniden kullanılması gibi yöntemler devreye alınmalıdır (Kanber, 2006). Sulama şebekelerinde kullanılan iletim sistemlerinin büyük bir kısmı açık kanallar veya beton kaplamalı kanallardan oluşmaktadır. Bu sistemlerde su iletim kayıpları genellikle %10 olarak ifade edilse de uygulamada bu oran çok daha yüksektir. Yeni projelerde borulu sistemlere geçilmesi, iletim kayıplarını minimize ederek suyun etkin kullanımını sağlamaktadır (Kanber ve ark., 2005; Çakmak ve ark., 2008). Tarımsal sulamada mevcut yöntemlerin iyileştirilmesi ve modernize edilmesi sürdürülebilir bir su yönetimi oluşturmak için zorunludur. Su kayıplarını azaltmak amacıyla açık kanallar yerine borulu sistemlere geçiş yapılması, basınçlı sulama yöntemlerinin yaygınlaştırılması ve atık suların yeniden kullanımı gibi önlemler ha-

yata geçirilmelidir. Bu derlemenin amacı, tarımda su kaynaklarının etkin kullanılmasını engelleyen ya da sebep olan sorunları ele alarak, bu sorunların nedenlerini ve çözüm yollarını genel olarak açıklamaktır.

ESKİ VE VERİMSİZ SULAMA SİSTEMLERİ

Eski sulama yöntemleri, bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun yalnızca bir kısmının etkin şekilde kullanılmasına izin verirken, suyun büyük bir kısmı buharlaşma, yüzey akışı ve derine sızma gibi yollarla kaybolmaktadır. Geleneksel yüzey sulama sistemleri, genellikle karık veya tava yöntemlerini içerir ve bu yöntemlerde sulama randımanı %50'nin altına düşebilmektedir. Bu durum, bitkilere ulaşması gereken su miktarının iki katından fazlasının kullanılmasına yol açmaktadır. Modern sulama yöntemlerine geçilmediği sürece bu kayıplar devam edecek ve sınırlı su kaynaklarının israfına neden olacaktır (Ul, 2001a).

Dünya yüzeyinin büyük bir kısmı suyla kaplı olmasına rağmen, tatlı su kaynakları oldukça sınırlıdır ve yalnızca %2.5'lik bir dilimi kullanılabilir durumdadır. Bu sınırlı kaynaklar, artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte büyük bir baskı altına girmiştir. Tatlı suyun büyük bir kısmı tarımsal sulamada kullanılmakta olup, bu kullanımda geleneksel ve verimsiz sulama yöntemleri nedeniyle önemli kayıplar yaşanmaktadır. Sulama etkinliğini düşüren bu sistemler, sürdürülebilir tarım uygulamalarını olumsuz yönde etkileyen en büyük sorunlardan biridir (Ul, 2001b).

Sulama zamanının doğru planlanamaması da eski sistemlerin verimsizliğini artıran bir diğer faktördür. Sulama uygulamaları sırasında suyun iletimi, dağıtımı ve uzaklaştırılmasında yapılan hatalar, su kaybına ve toprak verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, sulama suyunun bitki kök bölgesine doğru miktarda ve zamanda verilmemesi, bitkilerin gelişimini olumsuz etkilerken su kaynaklarının gereksiz yere tüketilmesine yol açmaktadır. Örneğin, mevcut sulama şebekelerindeki su kayıpları genellikle %10 olarak ifade edilse de, uygulamada bu oran çok daha yüksektir (İstanbuluoğlu ve Şişman, 2004).

SU İSRAFININ NEDENLERİ VE ÖNLENMESİ

İnsanlık tarihi boyunca su, yaşamın ve medeniyetin şekillenmesinde en önemli unsurlardan biri olmuştur. Su kaynaklarının kıtlığı, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, toplumsal düzeni, tarımsal üretimi ve ekonomik gelişimi doğrudan etkilemiştir. Günümüzde artan nüfus, küresel ısınma ve sanayileşme, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini zorunlu hale getirmiştir (Aküzüm ve ark., 2010; Hanjra ve ark., 2012). Tarımsal üretim, dünyadaki toplam tatlı su kullanı-

mının yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır (Şahin, 2018). Ancak kuraklık ve su kıtlığı, bu kaynakların kullanımını sınırlamakta ve üretim-tüketim dengesizliğine yol açmaktadır. Türkiye’de tarımsal su kullanım oranı %74 seviyesinde olup, sürdürülebilirlik için suyun etkin kullanımı gereklidir (Anonim, 2018). Yeraltı su seviyelerindeki düşüş, özellikle kurak bölgelerde su krizine neden olmaktadır (Büyükkamacı, 2009).

Alternatif su kaynaklarının geliştirilmesi hem su kıtlığını hafifletmek hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlamak açısından önemlidir. Atıksuların arıtılarak tarımda kullanımı hem su kaynaklarını korumakta hem de ekonomik fayda sağlamaktadır (Polat, 2013). Abu-Madi (2004), arıtılmış atıksuların tarımsal sulama dışında yeraltı suyu beslenmesi gibi alanlarda da kullanılabileceğini belirtmiştir. Atıksuların arıtılarak kullanılması, su kaynaklarının korunması ve gıda üretiminin artırılmasında önemli bir rol oynar. Arıtılmış atıksular, içerdiği besin maddeleri sayesinde kimyasal gübre ihtiyacını azaltır (Çakmakçı ve ark., 2016). Kullanımın ekonomik avantajları, çiftçileri bu yönetime yönlendirmektedir (Maleksaeidi ve ark., 2018).

Pedrero ve ark. (2010), İspanya ve Yunanistan’da yapılan çalışmalarda, arıtılmış kentsel atıksuların başarılı bir şekilde tarımsal sulamada kullanıldığını belirtmiştir. Kahraman ve ark. (2017), arıtılmış atıksuların süs bitkileri sulamasında şebeke suyu ile karşılaştırılabilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Arıtılmış atıksuların kullanımı sırasında belirli risklerin yönetilmesi gerekmektedir: Okur (2009), bu sularla sulama yapılırken minimum temas sağlanması ve toprak-ürün analizlerinin düzenli olarak yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Barbera ve ark. (2013), uygun şekilde arıtılmayan atıksuların ekolojik sorunlara yol açabileceğini belirtmiştir. Yanlış su politikaları, mevcut su kaynaklarının etkili kullanılmasını engelleyebilir. Su kaynaklarının etkin yönetimi ve alternatif kaynakların geliştirilmesi, gelecekte tarımsal üretim ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Atıksuların arıtılarak tarımsal sulamada kullanımı, su krizine çözüm sunarken kimyasal gübre kullanımını azaltarak ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Arıtılmış atıksuların kullanımı için standartların belirlenmesi ve bu standartlara uygun arıtma yöntemlerinin uygulanması gereklidir (Anonim, 2004; Barbera ve ark., 2013). Çiftçilerin bilinçlendirilmesi ve endişelerinin giderilmesi için eğitim programları düzenlenmelidir (Maleksaeidi ve ark., 2018). İklim değişikliğiyle mücadelede suyun döngüsel ekonomiye uygun şekilde yeniden kullanımı teşvik edilmelidir (Hanjra ve ark., 2012). Su, yaşamın devamlılığı ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için vazgeçilmez bir kaynaktır. Ancak iklim değişikliği, artan nüfus ve yanlış su yönetimi, su kaynaklarının giderek azalmasına yol açmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin dünya genelinde tatlı su kullanımında en

büyük paya sahip olması (%70) su tasarrufu gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır (Şahin, 2018; Anonim, 2021). Bu bağlamda, suyun verimli kullanımı ve alternatif kaynakların değerlendirilmesi,

SONUÇ

Su, yaşamın devamlılığı ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için temel bir kaynaktır. Ancak artan nüfus, sanayileşme, iklim değişikliği ve yanlış su yönetimi, mevcut su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmış, su kıtlığı ve çevresel sürdürülebilirlik gibi önemli sorunları beraberinde getirmiştir. Tarımsal faaliyetlerin dünya genelindeki tatlı su kullanımında %70 gibi büyük bir paya sahip olması, bu sektörde suyun verimli ve etkin bir şekilde yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Sonuç olarak, su kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi gelecek nesillere sağlıklı bir çevre bırakmak adına kritik bir gerekliliktir. Suyun korunması ve yeniden kullanımı, tarım sektörünün gelecekteki su krizlerine karşı direncini artıracak ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyecektir.

KAYNAKLAR

- Abu-Madi, M. O. R., 2004, Incentive systems for wastewater treatment and reuse in irrigated agriculture in the mena region, evidence from Jordan and Tunisia, crc press, p.
- Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Gökalp, Z., 2010, Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* (1), 67-74.
- Anonim 2006. DSİ’ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri 2005 Yılı Değerlendirme Raporu. DSİ Gn. Md., İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2018, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, <https://web-dosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/su-20180222083149.pdf>.
- Barbera, A., Maucieri, C., Cavallaro, V., Ioppolo, A. ve Spagna, G., 2013, Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review, *Agricultural Water Management*, 119, 43-53.
- Büyükkamacı, N., 2009, Su yönetiminin etkin bileşeni: yeniden kullanım, *İzmir Kent Sorunları Sempozyumu*, 8-10.
- Çakmak, B., Yıldırım, M., & Aküzüm, T. (2008). Türkiye’de tarımsal sulama yönetimi, sorunlar ve çözüm önerileri. *TMMOB*, 2, 215-224.
- Çakmakçı, T., Şahin, Ü., Kuşlu, Y., Kızıloğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş. ve Okuroğlu, M., 2016, Van ili tarım alanlarında temiz ve atık su kaynaklarının yönetimi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (4), 662-667.
- Hanjra, M. A., Blackwell, J., Carr, G., Zhang, F. ve Jackson, T. M., 2012, Wastewater irrigation and environmental health: Implications for water governance and public policy, *International journal of hygiene and environmental health*, 215 (3), 255-269.
- İstanbuluoğlu, A., Şişman, C.B., 2004. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Arazilerinin Sulama Zamanının Model Yaklaşımı ile Planlanması, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (1): 35-41, 2004, ISSN 1302 647X.
- Kahraman, Ö., Akçal, A. ve Kırıt, N., 2017, Atıksu Arıtma Suyunun Gazanya Yetiştiriciliğinde Tekrar Kullanılabilirliği, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (2), 27-35.
- Kanber, R. 2006. Türkiye’de Su Kaynakları Potansiyeli: Kullanımı, Sorunları ve Çözüm Önerileri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Su Politikaları Kongresi. Cilt:1, s.1-12, Ankara.
- Kanber, R., M.A. Çullu, B. Kendirli, S. Antepli ve N. Yılmaz, 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri, s: 213-251, Milli Kütüphane, Ankara.

- Maleksaeidi, H., Ranjbar, S., Eskandari, F., Jalali, M. ve Keshavarz, M., 2018, Vegetable farmers' knowledge, attitude and drivers regarding untreated wastewater irrigation in developing countries: A case study in Iran, *Journal of Cleaner Production*, 202, 863-870.
- Okur, B., 2009, Arıtılmış evsel atık suların toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri, *Ege Üniversitesi*.
- Pedrero, F., Kalavrouziotis, I., Alarcón, J. J., Koukoulakis, P. ve Asano, T., 2010, Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece, *Agricultural Water Management*, 97 (9), 1233-1241.
- Polat, A., 2013, Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* (1), 58-62.
- Şahin, D. Ü., 2018, Farklı yöntemlerle değişen seviyelerde arıtılmış atık su uygulamalarının silajlık mısırdaki su kullanımı, bitki ve toprak özelliklerine etkisi.
- Ul, M.A., 2001a. Tarımda Etkili Su Kullanımı, Düünden Bugüne Çivril Sempozyumu, 13-14 Eylül 2001, Çivril. Ul, M.A., 2001b. Sürdürülebilir Tarımda Sulama, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Teknik Bülteni, s. 11-14, Ocak-Şubat 2001, İzmir.



BÖLÜM 22

Tuz Stresinin Bitkilerin Büyüme ve Gelişme Dönemlerine Etkisi

Gözde Hafize Yıldırım¹

¹ Araştırma Görevlisi Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,
Rize/Türkiye, 0000-0002-0557-6442

GİRİŞ

Tuz stresi, tarımsal verimlilik ve bitki gelişimi üzerinde ciddi bir tehdittir. Toprak tuzluluğu, çözünebilir tuzların toprak yüzeyine çıkması ve burada birikmesi sonucu oluşan bir problemdir. Bu durum, kurak ve yarı kurak bölgelerde daha yaygındır ve yanlış sulama uygulamaları, düşük yağış ve drenaj eksiklikleri gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Ekmekçi ve ark., 2005; Ergene 1982; Kantarcı 2000). Bazı bitkiler (halofitler), yüksek tuz seviyelerine uyum sağlayarak bu tür topraklarda gelişim gösterebilirler. Halofitler, genellikle düşük yapılı bitkilerdir ve tuza dayanıklılık mekanizmaları sayesinde zorlu ekosistemlerde hayatta kalabilirler (Kılınç ve Kutbay, 2004).

Toprak tuzluluğu, tarımsal üretim ve gıda güvenliği açısından en önemli çevresel tehditlerden biridir. Tuzlu topraklar, bitkilerin su ve besin alımını engelleyerek büyüme süreçlerini olumsuz etkiler. Tarımsal faaliyetler, özellikle kontrolsüz sulama ve drenaj eksikliği, tuzluluk sorununu artırırken ekosistem dengesi üzerinde de ciddi olumsuz etkiler yaratmaktadır (Munns ve Tester, 2008).

Toprak tuzluluğu, çözünür tuzların birikmesiyle oluşan ve özellikle kurak ile yarı kurak bölgelerde yaygın görülen bir sorundur. Yüksek buharlaşma, yetersiz drenaj, düşük kaliteli sulama suyu kullanımı gibi faktörler, tarım arazilerinde tuz birikimine yol açmaktadır (Liang ve ark., 2018; Kiremit ve ark., 2017). Bu durum, dünya genelinde yaklaşık 800 milyon hektarlık bir alanı etkileyerek toplam tarım arazilerinin %6'sına denk gelmektedir (Yang ve Guo, 2018). Topraktaki tuzluluk düzeyi, genellikle elektriksel iletkenlik değeri (4 dS m^{-1} veya üzeri) ölçülerek belirlenmekte ve bu tür topraklar "tuzlu topraklar" olarak sınıflandırılmaktadır (Acosta-Motos ve ark., 2017). Tuz stresi, bitkilerde ozmotik stres ve iyonik stres olmak üzere iki temel yolla zarar vermektedir. Ozmotik stres, bitkilerin su ve besin maddelerini almasını zorlaştırırken; iyonik stres, hücre seviyesinde toksik etki yaratarak metabolik süreçlere zarar verir (Isayenkov 2017; Muc-hate ve ark., 2016). Bu durum, büyüme geriliği, kök ve yaprak gelişiminde azalma, fotosentez ve enzim aktivitelerinin bozulması gibi sonuçlar doğurur [7]. Bu bağlamda derlemenin amacı; tuz stresinin bitki fizyolojisine olan etkilerini, bitkilerin bu stres koşullarına karşı geliştirdiği adaptif mekanizmaları ve tuzlulukla mücadeleye yönelik uygulanabilir stratejilere genel anlamda değinmektir.

TUZ STRESİNİN BİTKİ FİZYOLOJİSİNE ETKİLERİ

Tuzluluk, bitkiler üzerinde iki temel mekanizmayla etki gösterir. Birincisi, toprak çözeltisindeki yüksek tuz konsantrasyonunun bitkilerin su alımını zorlaştırmasıdır. Bu ozmotik etki, bitkilerin su stresine maruz kalmasına neden olur.

İkincisi ise, tuzun toksik etkisidir; fazla miktarda bulunan iyonlar bitki metabolizmasını bozarak büyüme geriliği yaratır (Yılmaz ve ark., 2011).

Tuz stresi, bitkilerin kök gelişimini ve su alımını kısıtlar, fotosentezi azaltır ve hormonal dengeyi bozar. Bunun sonucunda, nitrat alımı düşer ve protein sentezi azalır. Yüksek tuz seviyeleri, ayrıca bitki boyunun kısalmasına, yapraklarda solmaya ve verim kaybına neden olur. Özellikle buğday ve çeltik gibi bitkilerde tuzluluk, iyon alım dengelerinin bozulmasına yol açarak büyüme üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Alpaslan ve ark., 1998).

Yüksek tuz konsantrasyonu, bitkilerin kök hücrelerinin seçici geçirgenliğini bozarak besin dengesizliklerine yol açar. Yapraklarda su kaybı ve turgor azalması nedeniyle sararma ve doku ölümü görülür (Isayenkov, 2017). Tuz stresi, stomaların kapanmasına ve karbon asimilasyonunun yavaşlamasına neden olarak fotosentez hızını ve CO₂ alımını azaltır. Ayrıca, dokularda biriken sodyum (Na⁺) ve klor (Cl⁻) iyonları toksisiteye yol açar ve potasyum (K⁺) gibi hayati iyonların alımını engeller (Muchate ve ark., 2016). Bu durum, büyümenin durmasına ve hatta bitkilerin ölümüne neden olabilir. Tuz stresine bağlı olarak reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretimi artar. Singlet oksijen (¹O₂), süperoksit (O₂⁻), hidroksil radikali (•OH) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) gibi moleküller, proteinler, lipidler ve nükleik asitlerde oksidatif hasara neden olur. Bu hasar, bitkilerde oksidatif stres oluşturarak büyüme ve gelişmeyi ciddi şekilde engeller (Nahar ve ark., 2016; Singh ve ark., 2015). Bitkiler, tuz stresine karşı biyokimyasal ve moleküler düzeyde çeşitli adaptif mekanizmalar geliştirerek bu olumsuz etkileri azaltmaya çalışır. Bu adaptasyonlar, stresin etkilerini tolere etmelerini ve yaşamlarını sürdürebilmelelerini sağlar (Acosta-Motos ve ark., 2017; Sevgi ve Leblebici, 2023).

Toprak tuzluluğunun etkilerini azaltmak için drenaj sistemlerinin iyileştirilmesi, doğru sulama yöntemlerinin uygulanması ve tuzlu topraklara dayanıklı bitki türlerinin seçilmesi gereklidir. Tuz konsantrasyonunun belirlenmesinde toprak çözeltisinin elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi kullanılan yaygın bir yöntemdir (Karaman ve ark., 2006; Dölarslan ve Gül, 2012). Ayrıca, halofit türlerinin tarım ve peyzaj uygulamalarında değerlendirilmesi, tuzlu alanların verimli kullanımını sağlayabilir.

BİTKİLERDE TUZ STRESİNE VERİLEN YANITLAR

Bitkilerde tuz stresi, NaCl gibi tuzların bitki büyümesini ve metabolizmasını olumsuz etkilediği süreçleri ifade ederken, tuz şoku yüksek konsantrasyonlu tuzlarla ani temas durumunu tanımlar (Shavrukov, 2013; Tiryaki, 2018). Tarım alanlarında tuz stresi genellikle kademeli bir şekilde oluşurken, tuz şoku daha az karşılaşılan bir durumdur. Tuz stresine yönelik çalışmalarda, genellikle laboratuvar

veya sera koşullarında kademeli olarak artan NaCl konsantrasyonları uygulanmakta, tuz şoku deneylerinde ise bitkiler aniden yüksek NaCl seviyelerine maruz bırakılmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Shavrukov, 2013; Tiryaki, 2018).

Farklı bitki türleri, tuz stresine karşı değişken tepkiler göstermektedir. Örneğin, bazı bitkiler sodyum toksisitesine karşı hassasiyet gösterirken, diğerleri bu tür etkilerden daha az zarar görmektedir. Çimlenme ve erken fide dönemlerinde tuz stresine tolerans düzeyleri daha net bir şekilde gözlemlenebilir (Munns ve Gilliam, 2015; Tiryaki, 2018). Çeltik gibi hassas türlerde, tuz stresinin verim üzerinde uzun vadeli düşümlere neden olduğu belirlenmiştir (Aslam ve ark., 1993; Tiryaki, 2018).

Bitkiler, tuz stresine karşı çeşitli moleküler, biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalar geliştirerek bu olumsuzlukları minimize etmeye çalışırlar. Bu mekanizmalar arasında iyon homeostazisinin korunması, antioksidan sistemlerin aktive edilmesi ve ozmotik düzenleme ön plandadır (Hasegawa ve ark., 2000; Tiryaki, 2018). Bu süreçler, bitkilerin genetik yapısına ve çevresel faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Dünya genelinde tarım arazilerinin önemli bir kısmı tuzluluk problemiyle karşı karşıya olup, bu durum gelecekte daha ciddi boyutlara ulaşabilecektir. Türkiye özelinde de önemli bir alanın tuzluluk sorunundan etkilendiği bilinmektedir. Bitkiler, tuz stresi koşullarında, metabolik faaliyetlerini ve büyüme süreçlerini koruyabilmek için çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirmiştir. Bitkilerin tuz stresine karşı geliştirdiği moleküler, biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalar, bu olumsuz etkilerin azaltılması için hayati bir rol oynamaktadır.

SONUÇ

Tuz stresi, küresel tarımsal üretimi ve gıda güvenliğini tehdit eden en önemli çevresel stres faktörlerinden biridir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olan toprak tuzluluğu, tarımsal arazilerin verimliliğini olumsuz etkileyerek ekosistem dengesini bozmakta ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Sonuç olarak, tuz stresinin etkilerini anlamak ve bu etkileri azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmek, gıda güvenliği açısından gereklidir. Bitkilerin adaptif mekanizmalarının derinlemesine incelenmesi, bu mücadelede daha etkili ve yenilikçi çözümler geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. J., & Hernandez, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1), Article 18.
- Aslam M, Qureshi RH, Ahmed N 1993. A rapid screening technique for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Soil*, 150: 99-107.
- Carillo, P., Annunziata, M. G., Pontecorvo, G., Fuggi, A., & Woodrow, P. (2011). Salinity stress and salt tolerance. In *Abiotic Stress in Plants: Mechanisms and Adaptations* (Vol. 1, pp. 21–38).
- Dölarslan, M., & Gül, E. (2012). Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 56-59.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T. 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 2005,20(3):118-125.
- Ergene, A., 1982. Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267, Ders Kitapları Serisi No:42, Erzurum.
- Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, Bohnert HJ 2000. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 463-499.
- Isayenkov, S. V. (2012). Physiological and molecular aspects of salt stress in plants. *Cytology and Genetics*, 46(5), 302–318.
- Kantarıcı, M.D., 2000. Toprak İlmi. Or. Fak. F. Yayın No:462, İ.Ü. yayın No:4261, ISBN: 975-404 588-7, İstanbul.
- Kılınç, M., Kutbay, G. 2004. Bitki ekolojisi, Palme yayınları: 275, ISBN: 975-8624-83-0, Ankara.
- Kiremit, M. S., Hacıkamiloğlu, M. S., Arslan, H., & Kurt, O. (2017). Farklı sulama suyu tuzluluk seviyelerinin keten (*Linum usitatissimum* L.)’in çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(3), 350–357.
- Liang, W., Ma, X., Wan, P., & Liu, L. (2018). Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 495(1), 286–291.
- Muchate, N. S., Nikalje, G. C., Rajurkar, N. S., Suprasanna, P., & Nikam, T. D. (2016). Plant salt stress: Adaptive responses, tolerance mechanism, and bioengineering for salt tolerance. *The Botanical Review*, 82(4), 371–406.
- Munns R, Gilliam M 2015. Salinity tolerance of crops - what is the cost? *New Phytologist*, 208: 668-73.
- Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- Nahar, K., Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2016). Roles of osmolytes in plant adaptation to drought and salinity. In *Osmolytes and plants acclimation to changing*

environment: Emerging omics technologies (1st ed., pp. 37–68). Springer Nature India Private Limited.

- Sevgi, B., & Leblebici, S. (2023). Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri ve geliştirilen tolerans mekanizmaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(3), 1498-1516.
- Shavrukov Y 2013. Salt stress or salt shock: which genes are we studying? *Journal of Experimental Botany*, 64(1): 119-27.
- Singh, M., Kumar, J., Singh, S., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: A review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14(3), 407–426.
- Tiryaki, İ. (2018). Bazı tarla bitkilerinin tuz stresine gösterdikleri adaptasyon mekanizmaları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5), 800-808.
- Yang, Y., & Guo, Y. (2018). Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. *New Phytologist*, 217(2), 523–539.
- Yılmaz, E., Tuna, M., Bürün, B. 2011. Bitkilerin tuz stresİ etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, gösterdikleri tolerans stratejileri, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7.1 (2011) 47–66 7.1 (2011) 47–66 ISSN 1305-1385



BÖLÜM 22

Marmara Bölgesinde Yapılan Silaj Türleri ve Besin Madde İçerikleri Üzerine Araştırmalar*

Bahri Işık¹ & Cemal Polat²

* Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Zootekni Ana Bilim Dalında yapılan 34470 nolu Yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0009-0004-5630-3015>

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-7419-2864>

GİRİŞ

İnsanların gereği gibi beslenmeleri konusunun tartışılması bütün dünyada süregelmekte ve gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Dünyanın bazı bölgelerindeki insanların gereği gibi beslenmedikleri anlaşılrken, dünya nüfusunun artmakta oluşunun doğuracağı yeni gereksinim miktarına eklemek gerektiği ortaya çıkıyor. Bu gerçek, bütün dünyanın ziraattan ve dolayısıyla çiftçilerden, daha fazla ürün istenmesini zorunlu kılıyor. Gerçekten çiftçiler de her yıl bir evvelkinden daha fazla miktarda dolaylı- dolaysız toprak ürünlerini elde etmeye gayret etmek durumundalar. Dolaylı ve dolaysız toprak ürünlerini yalnız miktar bakımından değil, kalite bakımından da artırmak anlaşılmış durumdadır. Besleme ve beslenmenin gerekler daha yakından anlaşıldıkça, kalite kavramı miktar kadar ve hatta ondan daha fazla önem kazanmaktadır. Hayvansal ürünlerin miktarları ile birlikte kaliteleri de geniş ölçüde tüm rasyonun kalitesine bağlıdır (Akyıldız, 1986).

Çağdaş düzeyde, yeterli ve dengeli beslenmememizin temeli olması gereken hayvansal protein üretimimize ilişkin sorunların kaynağı esas olarak hayvancılığımıza ve hayvansal ürün üretimimize ilişkin sorunlara dayanmakta, hayvancılığımızın en önemli sorunlarından birini de “Kaliteli Kaba Yem Üretimi” konusu oluşturmaktadır. Hayvancılığımızda görülen ve beslenmemizde büyük bir protein açığı oluşturan prodüktivite düşüklüğünü, mevcut hayvanlarımızın genellikle yerli ırklar olması, sağlık ve barınma olanaklarının elverişsiz bulunması yanında büyük oranda yem yetersizliği ve kalitesizliğine bağlamak olasıdır. Bilindiği gibi ülkemizde hayvanlarımızın kaba yem gereksiniminin en önemli bölümünü sağlayan doğal meralar yıllardır süregelen aşırı otlatmalar ve yanlış uygulamalar sonucu bozulmuş ve birim alan verimleri çok düşmüş bulunmaktadır. Bu yem alanlarının kapsadığı toprakların ağır bir erozyon baskısı altında bulunduğu da öteden beri bilinmektedir. Doğal mera alanlarımızın bu görünüşü çayırılar için de geçerli bulunmaktadır (Avcıoğlu, 1991). Yapılan bu kısa açıklamalardan bile anlaşılacağı gibi bölgemiz koşullarında öncelikle yemin kıt olduğu dönemlerde silo yeminden yararlanmak en çıkar yollardan biridir.

Silo yemleri bugün için daha çok geniş getiren hayvanların beslenmesinde kullanılan bir yem maddesi olarak bilinir. Geviş getirenlerden de çoğu zaman süt ve besi sığırlarının yemlenmesinde daha geniş bir kullanım alanı bulunmuştur. Aslında bizde normal devlet kuruluşları dışında özel kesim tarafından bu yemin yeterince tanıtımının yapılabildiğini de söyleyemeyiz. Hatta devlet kuruluşlarında bile böyle yemlerin daha çok süt ve besi sığırları yemlenmesinde kullanıldığını ve fakat koyun-keçi gibi küçük baş hayvanların yemlenmesinde kendilerine yemleme programlarında yeterli önemin verilmediğini biliyoruz (Kılıç, 1986).

Bu çalışma, bölgemizdeki yem bitkilerinden mısır, sudan otu ve yonca temel alınarak yine bölgemizden sağlanabilen ekonomik olan arpa daneleri, buğday kırığı, melas, üre ve tuz gibi geleneksel katkı maddelerini kullanarak elde edilen silajların besin içeriklerini saptamak, karşılaştırmak, bundan sonra yapılacak çalışmalara, özellikle çiftçilerimize yardımcı, yönlendirici olmak amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Araştırma Marmara bölgesindeki iki devlet ile beş özel işletmede yürütülmüştür (Şekil 1).

No	İşletme	Bitki Türü	Ekim Tarihi	Biçim Tarihi	Açılış Tarihi	Verim (Ton/da)	Ekili alan (da)
1	Abdullah ÖZTÜRK	Mısır	15.5.93	12.9.93	25.10.93	4	15
2	Basri ŞAHİN	Mısır	15.4.93	12.8.93	5.11.93	3.5	50
3	Fatih KOPUZ	Mısır	—	20.8.93	25.10.93	3	75
4	Necip KURU	Mısır	20.5.93	27.9.93	30.10.93	3	15
5	Sarımsaklı T.Ü.M.	Mısır	28.4.93	20.8.93	15.11.93	2.2	690
6	Sarımsaklı T.Ü.M.	Yonca	—	30.8.93	15.11.93	2.2	990
7	Türkçeldi T.İ.M.	Mısır	28.4.93	14.8.93	1.11.93	3	400
8	Türkçeldi T.İ.M.	Sudan Otu	20.4.93	28.8.93	1.11.93	1.3	350
9	Yusuf KARAL	Mısır	5.5.93	2.9.93	20.10.93	6	40

Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı işletmeler

Bitkisel Materyal

Deneme silajlık materyal olarak bölgemizde kolay yetiştirilebilen ve yüksek verim elde edilen yem bitkilerinden mısır, yonca ve sudan otu ile gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda katkı maddesi olarak arpa daneleri, buğday kırığı, melas, üre ve tuz kullanılmıştır.

Katkı Maddeleri

Çalışmada 3 değişik yem bitkisine arpa daneleri, buğday kırığı, melas, üre ve tuz gibi kolay temin edilen katkı maddeleri katılarak silolama yapılmıştır;

Arpa daneleri: Yeşil yemin kuru madde oranını yükseltmek ve besin değerini artırmak amacıyla kullanılmıştır.

Buğday kırığı: Devlet işletmelerinde selektör altı olarak tabir edilen kavuz, kırık ve hafif daneleri daha iyi değerlendirebilmek için silolamada katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Melas: Silajın lezzetini ve kalitesini arttırmak amacıyla, yapısında yaklaşık %48-50 arasında kristalize olmayan şeker ihtiva eden, koyu kıvamda şeker pancarının bir yan ürünüdür.

Üre: %46 N içeren ticari üre gübresi kullanılmıştır.

Tuz: Silolamada daha çok koruyucu etkinliğinden yararlanmak amacıyla normal sanayi tuzu kullanılmıştır.

Metod

Silolama

Silolanacak yem bitkilerinden mısır süt-olum, sudan otu hamur olum, yonca ise çiçeklenme başlangıç döneminde hasat edilmiştir. Bitkilerin biçilmesi çığ olmadığı zaman yani öğleden sonra veya akşam saatlerinde gerçekleşmiştir. Silolanacak materyalin biçilmesi ve parçalanması biçerlerle sağlanmıştır. Silo materyali, kuyuya getirildikten sonra, yayılarak 20-60 cm kalınlıkta tabakalar oluşturmuştur. Dolum esnasında katkı maddelerinden arpa daneleri, buğday kırığı, üre, tuz el ile serpiştirilmek suretiyle yeme eklenmiştir. Melası ise katılmasından iyi sonuç alınabilmesi için 1:2 oranda sulandırılıp homojenliği sağlanmış daha sonra pompa vasıtasıyla tabakalar üzerine püskürtülmüştür.

Silo kabının doldurulması sırasında yem kitlesinin içindeki havanın çıkarılması için sıkıştırma işleminde traktörlerden yararlanılmıştır. Dolum işleri tamamlandıktan sonra silo naylonla örtülüp ve bunun üzerine tuğla, tahta ve eski lastikler bastırmak için kullanılmıştır. Besin değerini saptamak amacıyla silaj kuyuları açıldıktan sonra 20, 40 ve 60 gün alınan numuneler fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur.

Örnek Alma

Yeşil Yemlerden

Yeşil yem bitkileri belirli gelişme çağında silo yemi yapılmak maksadıyla biçilip silo kuyusuna getirildiğinde besin içeriklerini incelemek maksadıyla 5 değişik yerden 1 kg'lık örnek alındı, bir kavanoz içerisine sıkıştırılarak konuldu. Alınan örnek taşıma sırasında meydana gelebilecek değişimlerin önlenmesi için kavanoz ağzı hava geçirmez naylon ile sıkıca sarılıp kavanoz kapağı ile kapatılıp, analiz için Tekirdağ İl Kontrol Laboratuvarına götürülmüştür.

Silo Yemlerden

Silo açıldıktan sonra üst kısmından 30-50 cm kadar derinlikten 4 değişik yerden 1 kg'lık örnek alındı, ağzı iyi kapanabilen kavanoz içerisine sıkıştırılarak, boşluk bırakmadan dolduruldu. Alınan örneğin taşıma sırasında değişimleri önlemek için kavanoz ağzı naylon ile sıkıca sarılıp kapağı ile kapatılıp, analiz için Tekirdağ İl Kontrol Laboratuvarına götürülmüştür.

Diğer Yemlerden

Dane yemlerden arpa ve buğday kırığı silo katkı maddesi olarak kullanılmadan önce çuvalların 10 değişik yerinden en az 1 kg'lık örnek alındı ve naylon torbalara konularak analiz için laboratuvara götürüldü. Bitkisel materyal silo kuyusuna getirildiğine ve silaj açıldıktan sonra aşağıdaki fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

Fiziksel Analizler

Silajların dış görünümüne göre kalitesini belirlemek için Todorov'un yöntemi kullanılmıştır. Diğer laboratuvar analizlerine göre kolay ve ucuz olmasına rağmen bu yöntemin doğruluk oranı analiz yapan uzmanların tecrübesine bağlıdır. Diğer taraftan bu metodla laboratuvar analiz sonuçları arasında her zaman bir paralellik olmayabilir. Örneğin silajın stüktürü istenilen düzeyde olabilir. Aynı zamanda tereyağ asit oranında yüksek olabilir. Yani fiziksel analizler her zaman yüksek kalitede bir silaj elde ettiğimizizin bir göstergesi sayılamaz.

pH;

Su Miktarı %							
pH	<50	50-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85
Aldığı Puanlar							
<3.5	-	-	-	-	12	12	12
3.5-4.2	-	-	-	15	15	15	13
4.3-4.5	15	15	15	13	11	9	8
4.6-4.9	15	15	12	10	7	5	3
5.0-5.4	15	11	9	6	3	2	0
5.5-6.0	13	8	4	2	0	0	0
6.1-7.9	12	4	2	0	0	0	0

Şekil 2. Silajın pH' a göre puanlandırması

Koku;

- ❖ Hafif ekşi, tereyağı ve sirke asit kokusu yok (12 puan)
- ❖ Sirke asit kokusu çok belirgin, hafif tereyağı asit kızartılmış ekmek veya bal kokusu var (9 puan)
- ❖ Hafif tereyağı kokusu var, amonyak ve mantar kokusu yok (6 puan)
- ❖ Kuvvetli bir tereyağı kokusu, hafif bir amonyak ve mantar kokusu var (3 puan)
- ❖ Kuvvetli bir mantar ve gübre kokusu var (0 puan)

Strüktür

- ❖ Gövdenin ve yaprakların strüktürü korunmuştur (5 puan)
- ❖ Yaprakların strüktürü değişmiştir (3 puan)
- ❖ Gövdenin ve yaprakların strüktürü değişmiştir ve mantarlar görülmüştür (1 puan)
- ❖ Strüktür belli değil. Gövde ve yapraklar mantarlı (0 puan)

Renk

- ❖ Koyu yeşil renk (biraz açık veya koyu olabilir) çok az renk farkı var kullanılan yeşil yemle (3 puan)
- ❖ Açık sarı veya kahverengi renkte, kullanılan yeşil yemin renginden çok farklı (1 puan)
- ❖ Rengi çok değişik açık-sarı kahverengi-siyaha kadar (0 puan)

Puantajdan elde edilen dört rakam aşağıdaki şekilde değerlendirilir.

1: 30-35 Puan mükemmel, **2:** 24-29 puan çok iyi, **3:** 18-23 puan iyi, **4:** 12-17 puan orta, **5:** 6-11 puan değeri az, **6:** 0-5 puan fena

Kimyasal Analizler

Kuru madde, ham protein, ham yağ, ham selüloz ve ham kül örneklerde Ak-yıldız (1984)'e göre Weende analiz metoduna göre yapılmıştır. pH: Şenlikköy laboratuvarında pH metre ile ölçülmesiyle bulunmuştur.

Sonuçların Değerlendirilmesi

Besin değerini saptamak amacıyla yapılan kimyasal analizlerden elde edilen rakamsal değerler üç tekrarlamalı olarak tesadüf parseller deney desenine göre

bilgisayarla analiz edilmiştir. Ek olarak silajların renk, koku, strüktür ve pH özelliklerine ilişkin gözlem değerleri Todorov'un analiz yöntemine göre değerlendirilmiştir. Bu yöntemde her sonuca puan verilmiş daha sonra bu puanlar toplanarak silo yemleri kalitelerine göre sınıflandırılmıştır.

BULGULAR

Değişik yeşil yem bitkilerin silolamadan önce kuru madde, ham protein, ham yağ, ham selüloz ve ham kül değerleri incelenmesinde yeşil materyalde silaj öncesi yapılan kuru madde analizlerinde en yüksek değerler TTİM-Sudan otu %26.81'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %20.97'den elde edilmiştir. Ham protein açısından ise en yüksek değer STÜM-Yonca %4.45'den elde edilirken, en düşük değeri ise B. Şahin-Mısır %1.49'dan elde edilmiştir. Ham yağ yönünden de en yüksek değer TTİM-sudan otu %1.07'den oluşurken, en düşük değer ise B. Şahin-Mısır %0.51'den elde edilmiştir. Ham selüloz bakımından en yüksek değer TTİM-sudan otu %7.12'den oluşurken, en düşük değer A. Öztürk-Mısır %4.83'den elde edilmiştir. Ham kül açısından en yüksek değer STÜM-Yonca %2.18'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin -Mısır %1.09'dan elde edilmiştir.

Kuru Madde Verimi

Değişik yem bitkilerini saf ve farklı katkı maddeleri kullanarak silaj yapılması sonucunda üç farklı zamanda elde edilen kuru madde verimleri ve varyans analiz sonuçları Şekil 3 ve 4 de verilmiştir.

No	İşletmeler	YYB	20.gün	40.gün	60.gün
1	A.Öztürk-Mısır	21.27	21.40	22.83	22.28
2	B.Şahin-Mısır	20.97	16.12	16.27	16.62
3	F.Kopuz-Mısır	23.16	19.62	18.11	18.55
4	N.Kuru-Mısır	24.36	18.25	19.08	18.79
5	STÜM-Mısır	22.39	21.09	20.93	21.18
6	STÜM-Yonca	23.41	22.93	23.11	22.76
7	TTİM-Mısır	21.94	22.53	23.97	23.04
8	TTİM-Sudan otu	26.81	27.38	27.14	26.67
9	Y.Karal-Mısır	24.87	25.11	25.90	25.80

YYB:Yeşil Yem Bitkileri

Şekil 3. Farklı zamanlarda alınan silaj numunelerinin kuru madde içerikleri (%)

Şekil 4'de en yüksek kuru madde veriminin 20.güncü numunelerinde TTİM-Sudan otu %27.38 ile Y. Karal-Mısır %25.11 elde edilmiştir. En düşük değer B. Şahin-Mısır %16.12 ile N. Kuru-Mısır %18.25 elde edilmiştir. 40.güncü numunelerinde en yüksek değer TTİM-Sudan otu %27.14 ile Y. Karal-Mısır

%25.90'dan elde edilmiştir. En düşük değer B. Şahin-Mısır %16.27 ile F. Kopuz %18.11 elde edilmiştir. 60.günkü numunelerde en yüksek değer TTİM-Sudan otu %26.67 ile Y. Karal-Mısır %25.80 elde edilmiştir. En düşük değer B. Şahin-Mısır %16.62 ile F. Kopuz- Mısır %18.55'den elde edilmiştir.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.T.	K.O.
Genel	3	15.437	5.146
Muameleler	32	316.225	9.882
Hata	35	331.661	-----

$\alpha: P > 0.01$

Şekil 4. Farklı silajlardan elde edilen kuru madde değerlerinin varyans analiz tablosu

Kuru madde açısından silajlar arasındaki fark ($P > 0.01$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Ham Protein Oranı

Değişik yem bitkilerinin saf ve farklı katkı maddeleri kullanarak silaj yapılması sonucunda üç farklı zamanda elde edilen kuru madde verimleri ve varyans analiz sonuçları Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.

No	İşletmeler	YYB	20 Gün	40 Gün	60 Gün
1	A.Öztürk-Mısır	1.51	1.80	1.82	1.71
2	B.Şahin-Mısır	1.49	1.10	1.18	1.15
3	F.Kopuz-Mısır	1.69	1.50	1.45	1.47
4	N.Kuru-Mısır	1.72	1.43	1.65	1.51
5	STÜM-Mısır	1.64	1.53	1.60	1.61
6	STÜM-Yonca	4.45	4.32	4.43	4.37
7	TTİM-Mısır	1.58	1.79	2.08	1.82
8	TTİM-Sudan otu	1.73	1.87	1.79	1.77
9	Y.Karal-Mısır	1.76	1.70	1.91	1.88

YYB= Yeşil Yem Bitkileri

Şekil 5. Farklı Zamanlarda Alınan Silaj Numunelerinin Ham Protein İçerikleri (%)

Ham protein oranı 20. günlük numunelerde en yüksek değer STÜM-Yonca'da %4.32 ile Y. Karal- Mısır %1.87'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %1.10 ile N. Kuru-Mısır %1.43'den elde edilmiştir. 40. günlük numunelerde en yüksek değer STÜM-Yonca'da %4.43 ile TTİM-Mısır %2.08'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %1.18 ile F. Kopuz-Mısır %1.45'den elde edilmiştir. 60. günlük numunelerde en yüksek değer STÜM-Yonca'da %4.37

ile Y. Karal-Mısır %1.88'den elde edilmiştir. En düşük değer ise STÜM- Yonca %4.37 ile Y. Karal-Mısır %1.88'den elde edilmiştir.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.T.	K.O.
Genel	3	0.047	0.016
Muameleler	32	28.563	0.893
Hata	35	28.609	-----
x:P>0.01			

Şekil 7. Farklı Silajlardan Elde Edilen Ham protein Varyans Analiz Tablosu

Ham protein açısından silajlar arasındaki fark ($P>0.01$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Ham Yağ Oranı

Değişik yem bitkilerinin saf ve farklı katkı maddeleri kullanarak silaj yapılması sonucun da üç farklı zamanda elde edilen ham yağ verimleri ve varyans analiz sonuçları Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.

No	İşletmeler	YYB	20 Gün	40 Gün	60 Gün
1	A.Öztürk-Mısır	0.54	0.58	0.53	0.52
2	B.Şahin-Mısır	0.51	0.39	0.40	0.41
3	F.Kopuz-Mısır	0.58	0.54	0.53	0.60
4	N.Kuru-Mısır	0.59	0.42	0.50	0.48
5	STÜM-Mısır	0.59	0.52	0.48	0.55
6	STÜM-Yonca	0.72	0.69	0.77	0.71
7	TTİM-Mısır	0.55	0.60	0.68	0.61
8	TTİM-Sudan otu	1.07	1.16	1.28	1.20
9	Y.Karal-Mısır	0.61	0.59	0.61	0.60

YYB= Yeşil Yem Bitkileri

Şekil 8. Farklı Zamanlarda Alınan Silaj Numunelerinin Ham Yağ İçerikleri (%)

Ham yağ oranı 20. günlük numunelerde en yüksek değeri TTİM-Sudan otunda %1.16 ile STÜM- Yonca %0.69'dan elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %0.39 ile N. Kuru-Mısır %0.42'den elde edilmiştir. 40. günlük numunelerde en yüksek değer TTİM-Sudan otu %1.28 ile STÜM-Yonca'da %0.77'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %0.40 ile STÜM-Mısır %0.48'den elde edilmiştir. 60. günlük numunelerde en yüksek değer TTİM-Sudan otu %1.20 ile STÜM-Yonca %0.71'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %0.41 ile N. Kuru-Mısır %0.48'den elde edilmiştir.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.T.	K.O.
Genel	3	0.007	0.002
Muameleler	32	1.621	0.051
Hata	35	1.628	-----

x:P>0.01

Şekil 9. Farklı Silajlardan Elde Edilen Ham Yağ Varyans Analiz Tablosu

Ham yağ oranı açısından silajlar arasındaki fark ($P>0.01$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Ham Selüloz Oranı

Değişik yem bitkilerinin saf ve farklı katkı maddeleri kullanılarak silaj yapılması sonucunda üç farklı zamanda elde edilen ham selüloz yemleri ve varyans analiz sonuçları Şekil 10 ve 11'de verilmiştir.

No	İşletmeler	YYB	20 Gün	40 Gün	60 Gün
1	A.Öztürk-Mısır	4.83	4.94	5.03	4.98
2	B.Şahin-Mısır	4.95	4.10	4.00	4.05
3	F.Kopuz-Mısır	5.48	4.81	4.45	4.54
4	N.Kuru-Mısır	4.88	4.35	4.29	4.30
5	STÜM-Mısır	5.34	5.30	5.21	5.35
6	STÜM-Yonca	5.84	5.74	5.86	5.75
7	TTİM-Mısır	5.19	5.31	5.40	5.38
8	TTİM-Sudan otu	7.12	8.26	8.53	8.38
9	Y.Karal-Mısır	5.31	5.50	5.65	5.60

YYB= Yeşil Yem Bitkileri

Şekil 10. Farklı Zamanlarda Alınan Silaj Numunelerinin Ham Selüloz İçerikleri (%)

Ham selüloz oranı 20. günkü numunelerde en yüksek değeri TTİM-Sudan otun da %8.26 ile STÜM- Yonca %5.74'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %4.10 ile N. Kuru-Mısır %4.35'den elde edilmiştir. 40. günkü numunelerde en yüksek değer TTİM-Sudan otu %8.53 ile STÜM-Yonca'da %5.86'dan elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %4.00 ile N. Kuru-Mısır %4.29'dan elde edilmiştir. 60. günkü numunelerde en yüksek değer TTİM-Sudan otu %8.38 ile STÜM-Yonca %5.75'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %4.05 ile N. Kuru-Mısır %4.30'dan elde edilmiştir.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.T.	K.O.
Genel	3	0.029	0.01
Muameleler	32	42.987	1.343
Hata	35	43.016	-----

$\chi^2 P > 0.01$

Şekil 11. Farklı Silajlardan Elde Edilen Ham Selüloz Varyans Analiz Tablosu

Ham selüloz oranı açısından silajlar arasındaki fark ($P > 0.01$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Ham Kül Oranı

Değişik yem bitkilerinin saf ve farklı katkı maddeleri kullanılarak silaj yapılması sonucunda üç farklı zamanda elde edilen ham kül yemleri ve varyans analiz sonuçları Şekil 12 ve 13'de verilmiştir.

No	İşletmeler	YYB	20 Gün	40 Gün	60 Gün
1	A.Öztürk-Mısır	1.19	1.21	1.28	1.25
2	B.Şahin-Mısır	1.09	0.90	0.84	0.86
3	F.Kopuz-Mısır	1.32	1.18	1.15	1.14
4	N.Kuru-Mısır	1.32	1.13	1.20	1.16
5	STÜM-Mısır	1.29	1.25	1.16	1.19
6	STÜM-Yonca	2.18	2.20	2.35	2.28
7	TTİM-Mısır	1.12	1.29	1.40	1.37
8	TTİM-Sudan otu	1.42	1.62	1.82	1.73
9	Y.Karal-Mısır	1.39	1.35	1.45	1.40

YYB= Yeşil Yem Bitkileri

Şekil 11. Farklı Zamanlarda Alınan Silaj Numunelerinin Ham Selüloz İçerikleri (%)

Ham kül oranı 20. günlük numunelerde en yüksek değeri STÜM-Yonca'da %2.20 ile TTİM- Sudan otunda %1.62'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %0.90 ile N. Kuru-Mısır %1.13'den elde edilmiştir. 40. günlük numunelerde en yüksek değer STÜM-Yonca'da %2.35 ile TTİM-Sudan otunda %1.82'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %0.84 ile F. Kopuz-Mısır %1.15'den elde edilmiştir. 60. günlük numunelerde en yüksek değer STÜM-Yonca'da %2.28 ile TTİM-Sudan otu %1.73'den elde edilmiştir. En düşük değer ise B. Şahin-Mısır %0.86 ile F. Kopuz-Mısır %1.14'den elde edilmiştir.

Varyasyon Kaynağı	S.D.	K.T.	K.O.
Genel	3	0.015	0.005
Muameleler	32	4.883	0.153
Hata	35	4.899	----

$x:P>0.01$

Şekil 11. Farklı Silajlardan Elde Edilen Ham Selüloz Varyans Analiz Tablosu

Ham kül oranı açısından silajlar arasındaki fark ($P>0.01$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Sonuç olarak bölgemizde kısıtlı olarak üretilmekte olan silo yemlerin içerikleri karşılaştırılmasında ($P>0.01$) düzeyinde önemsiz olarak tespit edilmiştir.

Diğer taraftan Todorov'un analiz yöntemine göre yapılan değerlendirmede devlet işletmelerindeki silajların kalitesi çok yüksek olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda diğer silaj materyalinde ruminantların beslenmesinde iyi bir yem maddesi olarak değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akyıldız, A. R. (1984). Yemler bilgisi laboratuvar kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 895.
- Akyıldız, A. R. (1986). Yemler Bilgisi ve Teknolojisi. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları. Yayın, (974).
- Avcıoğlu, R., (1991). Türkiye 2.Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi. 28-31.05.1991.E.Ü.Ziraat Fakültesi İzmir.
- Kılıç, A. (1986). Silo yemi (öğretim, öğrenim ve uygulama önerileri). Bilgehan Basımevi, İzmir, 327.
- Kılıç, A. (1986). Silo yemi. Bilgehan Basımevi Bornova İzmir, 68-72.
- Kirov, N., Todorov, N., (1976). Silaj i Senaj. Zemizdat, Sofia.



BÖLÜM 23

BENZO(a)PYRENE ve Yemlerdeki Risk Düzeyi*

Necati Altındış¹ & Cemal Polat²

* Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Zootekni Ana Bilim Dalında yapılan 283197 nolu Yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0009-0005-4250-6127>

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-7419-2864>

GİRİŞ

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)' lar, doğal ortamda da yaygın olarak bulunan ve tam olarak gerçekleşmeyen yanmalar sonucu ortaya çıkan iki veya daha çok zincire sahip bileşiklerdir. Bu bileşiklerin dozda tüketildiklerinde canlılar üzerinden kanserojeni, teratojenik ve mutajonik etkileri olduğu kanıtlanmıştır. Aynı zamanda çevresel kirliliğin de bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Benzo(a)Pyrene(BaP) ise beş halkalı bir PAH bileşiğidir ve en riskli bileşik olduğu saptanmıştır. Bir materyalde PAH varlığının da göstergesi sayılmaktadır. B(a)P 2001 yılında AB'de, 2008 yılında ise ülkemizde yağlarda aranması zorunlu zararlı bir bileşiktir. Maksimum kalıntı yüzeyi (MRL) ise 2 ng g⁻¹ dir.

Yem üretim sürecinde gerek hammaddelerde bulunma olasılığı, gerekse yeme katılan materyallerin (yağlar, mezbaha atıkları, vd.) üretimi sırasında ve gerekse de yemin işlenmesi sırasında PAH'ların oluşma riski yüksektir. PAH'ların solunan hava, içilen su ve özellikle tüketilen yemler yolu ile hayvan bünyesine, yağlı dokularda biriktikten sonra, buradan insan vücuduna alınır. Bu nedenle özellikle enerji-protein oranı yüksek kanatlı yemlerinde B(a)P analizleri yaparak, PAH varlığı ve oranı konusunda şu ana kadar hiç yapılamamış çalışmalara başlanması yararlı olacaktır.

Gıda güvenliği günümüzde en çok tartışılan ve en çok ihtiyaç duyduğumuz yaşamsal konumuz haline gelmiştir. Bir yandan artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacı, diğer yandan hızla kirlenen çevre ve ticaret anlayışı, soluduğumuz havanın, içtiğimiz suyun ve tükettiğimiz gıdanın güvenilirlikten uzaklaşmasına neden olmuştur. En çok ürünü, en az maliyetle üretme mantığı öyle bir noktaya gelmiştir ki, ucuz olsun da varsın güvenilir olmasın anlayışı hakim olmuştur. Üretim artışının mutlak olarak sağlanması ve garanti altına alınması çabası, doğanın hiçe sayılmasına gidecek kadar başat unsur olmuştur.

Ancak, bu öyle bir döngü ortaya çıkartmaktadır ki, üretimin en üst düzeye çıkarılması için her yola başvurulurken, bunun sonucu ortaya çıkan kirlenme ise üretimi en üst düzeye çıkaran insanların dahi yaşamını tehdit eder boyuta gelmektedir. Gıda, insan yaşamının temelidir. Havasız, susuz ve gıdasız bir yaşam henüz bulunamadığına göre havanın, suyun ve gıdanın insan sağlığı için tehdit olmamasını sağlayacak, güvenli bir gıda sürecine gereksinim vardır.

Bitkisel ürünler tek başına bir gıda olmalarının yanında, hayvansal üretimde de temel hammaddeyi oluşturmaktadır. Kanatlı beslenmesinde de bitkisel hammaddeler enerji ve protein kaynağı olarak çok yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle etlik piliç yetiştiriciliğinde kısa sürede en yüksek kesim ağırlığına, en

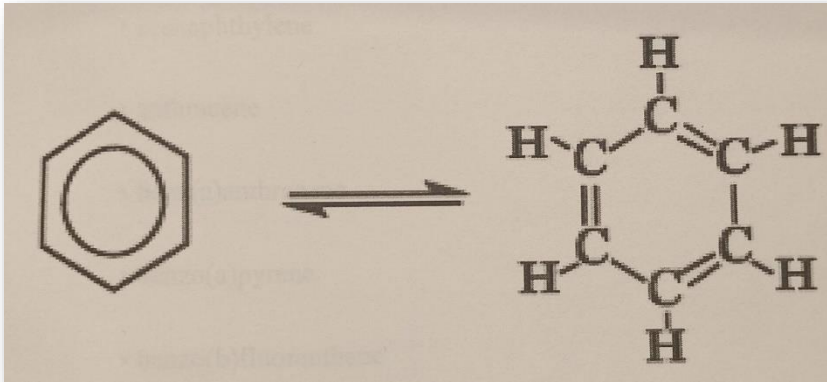
ucuz maliyetle ulaşma amaçlı üretim yapılmaktadır. Kanatlı yemlerinin üretimi sürecinde gerek bitkisel materyalden, gerek yeme katılan yağlardan ve gerekse mezbaha atıklarının kendisi ya da işlenmesi sırasında zararlı PAH bileşikler oluşabilir. Özellikle yağ elde edilmesi aşamasında yağ veriminin artırılması için ısı'nın yükseltilmesi, kullanılan çözenler yağ verimini artırır ancak kanserojenik, teratojenik ve mutajenik bileşiklerin de oluşmasına yol açar.

PAH'lar dünya gündemine 1980'li yıllarda girmiş olmasına rağmen hala yeterince araştırılmış konular değildir. Çevresel kirliliğin de bir göstergesi olmaları nedeniyle yemlerdeki Benzo(a)Pyrene'in araştırılması yararlı olacaktır.

BULGULAR

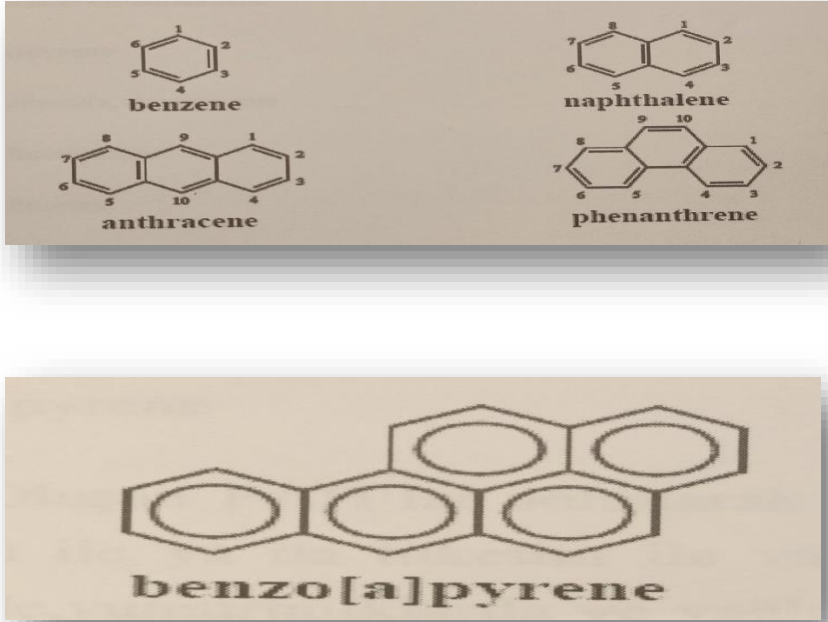
PAH'larla ilgili literatür taraması yapıldığında ülkemizde herhangi bir yayına ulaşamazken, yabancı kaynaklarda ise çalışmaların özellikle çevre kirliliğinde yoğunlaştığı ve gıda ya da yemlerle ilgili yeterli çalışma yapıldığı görülmektedir.

PAH'lar karbon ve hidrojen içeren maddelerin pirolizi ve kömür, petrol ve türevleri, çöpler ya da diğer organik maddelerin tam olarak gerçekleşmeyen yanmaları sonucu oluşmaktadır. Buradaki tam olarak gerçekleşmeyen yanma konusu en önemli konu olup, tam olarak gerçekleşmeyen yanma durumu insanların faaliyetleri sonucu olduğu gibi, doğal olarak da oluşabilmektedir. Kimyasal olarak benzen formundaki karbon ve hidrojen içerikli tek halkalı bileşik olan yapı şekil 1 de gösterilmiştir.



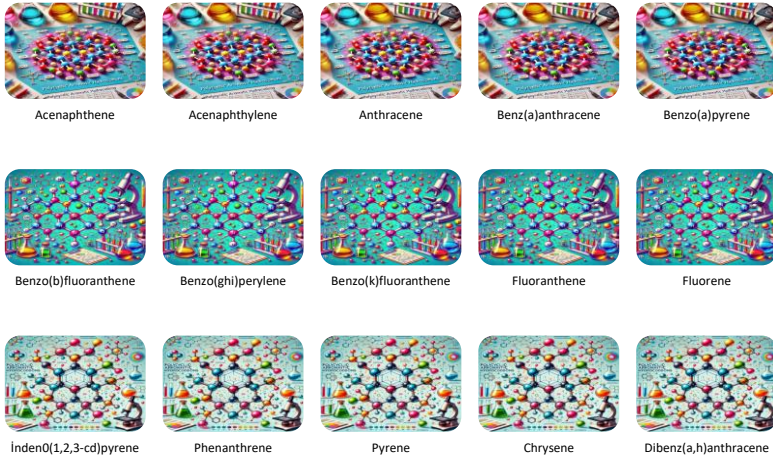
Şekil 1. Benzen formundaki karbon ve hidrojen içerikli tek halkalı bileşik

Tam olarak gerçekleşmeyen yanma sonucu çok halkalı bileşik haline dönüşmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Benzen formundaki karbon ve hidrojen içerikli çok halkalı bileşik

Orman yangınları, soba ya da anızların yakılması, yiyeceklerin kızartılması, sigara içilmesi, vb. birçok olay sonucu PAH'lar oluşur. Bunun yanında sanayi faaliyetleri, kimyasal maddelerin üretimi-kullanılması, yağ elde edilmesinde uygulanan yüksek ısılar, arabaların egzoz gazları, vb. bir çok etmen sonrasında da PAH'lar oluşur. Çevremizde havada, suda ve toprakta 100'ün üzerinde farklı PAH bileşiği bulunmaktadır. Bunların en önemlileri şekil 3 de verilmiştir (Anonim, 2009).



Şekil 3. PAH bileşikler

Oluşan PAH'lar solunarak hava yolu ile, içme suyu ile, temas edilerek deri yolu ile ya da tüketim ile vücuda alınır. PAH'lar yağda, karaciğerde, böbreküstü bezlerinde, yumurtalıklarda ve yağlı dokularda tutunur. Bunların çok az bir kısmı idrar ve dışkı yolu ile atılabilir (Anonim, 2009).

PAH'ların canlılar üzerine etkilerinin tespiti için yapılan çalışmada farelere içme suyu ve yemlerinde yüksek oranda PAH içeren yemler tüketirilmiş, sonuçta karaciğer kanserine, gebe farelerde düşüklere ve düşük canlı ağırlıklı doğumlara yol açtığı belirlenmiştir.

Çevre üzerine yapılan bir araştırmada PAH'ların hava ve sularda hangi bölgelerde, ne oranlarda oluştuğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada kırsal alanın havası ile sanayinin yoğun olduğu bir bölge ve egzoz gazlarının yoğun olduğu trafik tünelinin havalarındaki PAH düzeyleri karşılaştırılmıştır (Anonim, 2009) (Şekil 4).

Bileşik Adı	Kırsal Alan	Sanayi Bölgesi	Trafik Tüneli
	Pg/m3	Pg/m3	Pg/m3
Fluorene	9.4	11.2	144.8
Fluoranthene	56.2	189.1	3284.2
Pyrene	45.8	163.6	4738.2
Benzo(a)Pyrene	52.8	122.1	881.4
Benzo(g,h,i)perylene	45.0	132.3	1701.1
Indeno(1,2,3,c,d)pyrene	111.9	520.6	2341.1
Dibenz(a,h)anthracene	55.2	159.4	376.7

Şekil 4. PAH düzeyleri

Çizelgede de görüldüğü gibi 3 farklı bölgedeki PAH düzeyleri anlamlı derecede farklıdır. En riskli bileşik olan ve PAH varlığının göstergesi kabul edilen Benzo(a)Pyrene'in miktarları kırsal alanda 52.8, sanayi yoğun bölgede 122.1 ve trafik tüneline 881.4 pg m³ düzeyindedir (Anonim, 2002).

Bir başka çalışma ise eski demiryolu kenarındaki topraklarla ve yolun yakınındaki zeytin toplanması ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda hem toprak, hem de zeytin örneklerinde aradan uzun yıllar geçmesine rağmen PAH kalıntısına rastlanmıştır (Moret vd., 2007).

AB/FVO misyonu ile ortaklaşa yapılan bir çalışmada ise sızma zeytinyağı, rafine zeytinyağı ve pirina yağı üzerinde PAH analizleri yapılmıştır. Bu çalışma ile analiz edilen 62 örnekten 20'sinde 9,7 ile 206,3 µg kg⁻¹ aralığında kalıntı saptanmıştır (Anonim, 2002).

Önemli bir çalışma ile farklı kalıntılarla birlikte gıdalar (tereyağı, su ürünleri ve kırmızı et) ile yemler (kanatlı, balık ve kedi-köpek) üzerinde PAH analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak gıdalarda 11.7-154.3 ng g⁻¹ (yaş ağırlık), yem örneklerinde ise 116-393 ng g⁻¹ (kuru ağırlık) aralığında değişen PAH kalıntısı bulunmuştur. B(a)P analizi sadece balık yemlerinde yapılmış ve 116-393 ng g⁻¹ düzeyinde PAH'a rastlanmıştır (Loutfy vd., 2007).

Tütsülenmiş balıklar üzerinde yapılan araştırmada tütsüleme metodunun da etkili olduğu ve geleneksel metotla yapılan tütsüleme ile kontrollü olarak yapılan tütsüleme arasında PAH'ların oluşma oranı değişmektedir (Stolyhwho vd., 2005).

ANALİZ METODU ve GEREKLİ MALZEMELER

PAH'ların analizinde en çok Sıvı Kromatografi metotları kullanılmaktadır (Ballesteros vd., 2006). MRL düzeyi Benzo(a)Pyrene için 2 ng g^{-1} , toplam PAH'lar için 5 ng g^{-1} düzeyindedir (Anonim, 2008). Bu düşük limitler raporlama limitlerinin de aşağı düşürülmesini gerektirmektedir. Halen İzmir İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Organik Tarım Ürünleri ve Kalıntı Analizleri biriminde $0,83 \text{ ng g}^{-1}$ raporlama limitinde, TÜBİTAK (Türk Akreditasyon Kurumu) tarafından akredite edilmiş olarak Benzo(a)Pyrene analizi yapılmaktadır. Analiz Agilent 1100 HPLC-FLD cihazı ile yapılmakta ve uluslararası geçerliliği olan Journal of Separation Science, 2002, 25, 96-100 metodu ile yapılmaktadır. Ülkemizde az sayıda laboratuvar bu analiz yapılmakta olup, sadece sıvı yağlar ve yağlı ürünler analiz edilmektedir (şekil 5 – 6).

Vial (2-4 ml, cam, amber renkli)	
Mezür (10 ml, cam, cam kapak)	
Çözelti şişesi (1000 ml, cam, amber renkli, cam kapak)	
Dispenser (10-50 ml, solvent ile temas eden yerleri PTFE)	
Evaporatör balonu (500 ml)	
Fırın ($130-600^{\circ} \text{C}$)	
Vakum pompası	
Rotary evaporatör	
Hassas terazi (Dijital, $0,0001 \text{ g}$)	
Hızlandırılmış solvent ekstraksiyon cihazı	
GC-MS	
HPLC	

Şekil 5. Analizde kullanılan cihaz ve laboratuvar gereçleri

n-Hekzan (analitik saflıkta)	
Etil asetat (analitik saflıkta)	
Sikloheksan (analitik saflıkta)	
Diatome toprağı (hydromatrix, granül)	
Quartz kumu (analitik saflıkta)	
Etil asetat / sikloheksan karışımı (50:50 v/v)	
Etil asetat / sikloheksan karışımı (50:50 v/v)	
Saf su	

Şekil 6. Kullanılan kimyasallar ise;

Ülkemizde analiz edilen sıvı yağ örneklerinin hemen hemen tamamı ihracat amaçlı, soğuk sıkım tekniğı ile elde edilmiş zeytinyağlarıdır. Bu ürünlerde PAH oluşumunun az düzeyde olması beklenmelidir. Diğer yağlar üzerinde yapılan analiz sonuçları ise bilinmemektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Görüldüğü gibi PAH'lar riskli bileşiklerdir. MRL düzeyi olarak toplamda 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$, Benzo(a)Pyrene için ise 2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ gibi çok düşük değerlerin belirlenmesi de riskin büyüklüğünü ortaya koymaktadır.

Çevresel kirliliğinde bir göstergesi olması bakımından havada, suda ve toprakta analizler yapılarak risk ortaya konması gerekmektedir.

Konunun hayvan beslenme yönüne bakıldığında ise yem hammaddelerinin bu zararlı bileşikleri doğal yollarla içermesinden daha önemlisi uygulanan kimyasallar ve yüksek ısılarla ortaya çıkan PAH düzeyinin ne oranda olduğudur. Bilindiği gibi yemlere belirli oranda yağ katılabilmektedir. Yem maliyetlerinin azaltılabilmesi için de en ucuz yağın tercih edilmesi de yüksek kar için zorunluluktur. Bu yağların elde edilmesi sırasında uygulanan ısıl işleminin artırılması ile yağ verimi artabilmektedir. Anca bu durumun PAH oluşumuna ne düzeyde etki ettiği ise bilinmemektedir. Bilinen ise artan ısı, birlikte katlamalı olarak arttığı ve yemler yolu ile hayvanlara oradan da insanlara ulaştığıdır.

Ayrıca yemlerin ucuz maliyetle üretilmesi için mezbaha artıkları da çeşitli derecelerdeki ısıl işlemler sonrasında yemlere katılabilmektedir. Hem bu ısıl işlemi hem de artık olarak kullanılan hayvansal dokuların barındırdığı (akümüle

edilen) PAH'ların ve yem hammaddesi elde edilmesi sürecinde oluşabilecek PAH miktarı kestirilememektedir.

Günümüzde çevresel kirliliğin artan düzeyi kar amaçlı üretin nedeniyle yapılabilen farklı bir çok uygulamanın insan sağlığını ne ölçüde tehdit ettiğini belirleyebilmek için konuyla ilgili çalışmalara ağırlık verilmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Altındış, N. (2010). Kanatlı yemlerinde benzo (a) piren düzeylerinin araştırılması (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Anonymous, 2009b. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, TGK, 2008.
- Ballesteros, E., Sánchez, A. G., ve Martos, N. R. (2006). Simultaneous multidetermination of residues of pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in olive and olive-pomace oils by gas chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1111(1), 89-96.
- Food and Veterinary Office Directorate (2002), Final report of a mission carried out in France from 21st to 30th October 2002 in order to assess the control measures in place for vegetable oil production and in particular for the assessment of controls on PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) contamination of such oils. DG(SANCO)/8688/2002-MR final, pp. 7-8.
- Loutfy, N., Fuerhacker, M., Tundo, P., Raccanelli, S., ve Ahmed, M. T. (2007). Monitoring of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, dioxin-like PCBs and polycyclic aromatic hydrocarbons in food and feed samples from Ismailia city, Egypt. *Chemosphere*, 66(10), 1962-1970.
- Moret, S., Purcaro, G., ve Conte, L. S. (2007). Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) content of soil and olives collected in areas contaminated with creosote released from old railway ties. *Science of the Total Environment*, 386(1-3), 1-8.
- Stołyhwo, A., ve Sikorski, Z. E. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish—a critical review. *Food Chemistry*, 91(2), 303-311.



BÖLÜM 24

Türkiye'de Organik Tarım ve Geleneksel Tarım

Muvahhid Kılıçarslan¹

¹ Arş. Gör., ISUBÜ ZİRAAT FAKÜLTESİ, 0000-0002-4883-9054

Giriş

Organik tarım, kimyasal gübreler, pestisitler ve genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO'lar) kullanılmadan yapılan tarımsal üretim yöntemidir. Bu yöntem, doğal gübreler ve biyolojik zararlı kontrolü gibi çevre dostu teknikler kullanılarak toprağın verimliliğini ve ekosistemin sağlığını korumayı amaçlar (Ağızan, 2024).

Geleneksel tarım, modern tarım teknikleri ve kimyasal girdiler kullanılmadan önceki yöntemleri ifade eder. Bu yöntem, genellikle düşük teknoloji ve doğal kaynakların korunmasına dayalıdır. Geleneksel tarım, toplulukların kendi ihtiyaçlarını karşılamak için üretim yaptığı ve fazla ürünleri takas veya ticaret yoluyla sattığı bir modeldir (Merdan, 2014).

Her iki tarım yöntemi de kendi içinde avantajlar ve dezavantajlar barındırır. Organik tarım çevre ve sağlık açısından daha faydalı olabilirken, geleneksel tarım düşük maliyet ve yerel bilgi kullanımı açısından avantajlıdır. Hangi yöntemin tercih edileceği, üreticinin hedeflerine ve kaynaklarına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca, organik tarımın uzun vadede toprağın verimliliğini artırdığı ve biyoçeşitliliği koruduğu, geleneksel tarımın ise yerel ekonomiyi desteklediği ve kültürel mirası yaşattığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Organik tarım, çevre dostu ve sürdürülebilir bir tarım yöntemi olarak birçok avantaja sahiptir. Kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak toprak sağlığını korur ve biyolojik çeşitliliği artırır. Organik ürünler genellikle daha yüksek fiyatlarla satıldığından, çiftçilere ekonomik fayda sağlar. Ayrıca, organik tarım yöntemleri, sera gazı emisyonlarını azaltarak iklim değişikliğiyle mücadeleye katkıda bulunur. Ancak, organik tarımın bazı dezavantajları da vardır. Verim genellikle konvansiyonel tarıma göre daha düşüktür, bu da üretim maliyetlerini artırabilir. Ayrıca, organik tarım yöntemleri daha fazla iş gücü ve bilgi gerektirir, bu da küçük çiftçiler için zorlayıcı olabilir. Organik ürünlerin pazarlanması ve sertifikalandırılması da ek maliyetler ve zorluklar yaratabilir. Tüm bu faktörler göz önüne alındığında, organik tarımın avantajları ve dezavantajları dikkatlice değerlendirilmelidir (Wikifarmer, 2023).

Geleneksel tarım, uzun yıllardır uygulanan ve geniş bir bilgi birikimine dayanan bir tarım yöntemidir. Bu yöntemin avantajları arasında, yüksek verimlilik ve geniş ölçekli üretim kapasitesi bulunur. Geleneksel tarım, modern makineler ve kimyasal gübreler kullanarak büyük miktarlarda ürün elde etmeyi mümkün kılar. Ayrıca, bu yöntemle tarım yapılan alanlarda iş gücü ihtiyacı azalır ve üretim maliyetleri düşer ancak, geleneksel tarımın dezavantajları da vardır. Kimyasal gübre ve pestisit kullanımı, toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir ve

biyolojik çeşitliliği olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, yoğun tarım uygulamaları toprağın verimliliğini azaltabilir ve uzun vadede sürdürülebilirliği tehlikeye atabilir. Geleneksel tarımın bu avantaj ve dezavantajları, tarım politikalarının ve uygulamalarının belirlenmesinde dikkate alınmalıdır (Ağızan, 2024).

TÜRKİYEDE ORGANİK TARIM

Türkiye’de organik tarım, 1980’lerin ortalarında ihracata yönelik olarak başlamış ve zamanla iç pazarda da talep görmeye başlamıştır. Türkiye, organik tarımda özellikle kuru incir, üzüm, kayısı ve fındık gibi ürünlerde önemli bir üretici konumundadır. Organik tarım alanları 2007’den 2016’ya kadar dört kat artmıştır. İller bazında değerlendirme yapıldığında ise organik tarımı en fazla olan il sırayla Aydın, Kastamonu ve Van’dır. 2022 yılı itibarıyla Türkiye’de organik tarım yapılan alan yaklaşık 626.885 hektar’a ulaşmıştır. Bu alan, toplam tarımsal alanın yaklaşık %1,5’ini oluşturmaktadır (Öztürk ve İslam, 2014).

Türkiye’de organik tarım, çevre dostu ve sürdürülebilir tarım yöntemlerinin benimsenmesiyle önemli bir gelişim göstermiştir. Organik tarım, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını reddeden veya sınırlandıran, biyolojik zararlı kontrolü ve doğal gübreleme yöntemlerini içeren bir tarım yöntemidir. Türkiye’de organik tarım, 5262 sayılı Organik Tarım Kanunu ve ilgili yönetmelik çerçevesinde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın kontrol ve denetimi altında yapılmaktadır. Organik tarımın yaygınlaşması hem iç pazarda hem de ihracatta organik ürünlere olan talebin artmasıyla desteklenmiştir. Türkiye, organik tarım ürünleri üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir ve bu ürünler genellikle daha yüksek fiyatlarla pazarlanmaktadır. Organik tarım, toprak sağlığını koruma, biyolojik çeşitliliği artırma ve çevresel sürdürülebilirliği sağlama açısından büyük önem taşımaktadır (Wikifarmer, 2024).

2018 yılında Türkiye’nin toplam ihracat miktarı 111.690,675 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu ihracatın önemli bir kısmını 41.633,896 tonla buğday ve buğday ürünleri oluşturmuştur. Türkiye’de organik bitkisel ürün yetiştiriciliğinde en büyük pay, dış pazar talebine bağlı olarak kuru ve kurutulmuş ürünlere aittir. Bu durum, organik yaş meyve-sebze üretiminin iç pazarda yavaş gelişmesine neden olmaktadır. Organik yaş meyve-sebze üretiminin düşük olmasının sebeplerinden biri, bu ürünlerin yüksek su içeriği nedeniyle çabuk bozulmalarıdır. Ayrıca, üreticilerin pazar garantisi olmaması da organik üretime başlamalarını engellemektedir. (Ataseven ve Güneş,2008).

Organik tarım, sağlık ve doğaya zararlı kimyasallar kullanılmadan tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi yöntemidir. Bunun yerine, organik düzenlemelere uygun maddeler, yeşil gübreleme, münavebe ve biyolojik kontrol yöntemleri uygulanır.

Organik ürünlerin tüm üretim ve satış aşamaları, akredite denetim ve sertifikasyon kuruluşları tarafından kontrol ve sertifika altına alınır. Üreticilere, girdi temininden nihai pazarlama aşamalarına kadar uygun eğitim ve yayım hizmetleri verilir. Bu şekilde, yüksek besin değerine ve güvenilirliğe sahip organik ürünler müşterilere sunulur. Organik ürünlerin tüm aşamaları denetlenmeli ve belgelenmelidir. Sertifikasız ürünler organik adı altında üretilemez ve satılamaz. Kontrol ve sertifikasyon, organik tarımın temel ilkelerinden biridir ve ürünlerin organik yasalar ve düzenlemelerde belirtilen standartlara göre üretilmesini, işlenmesini ve paketlenmesini sağlar (De Ponti vd., 2012).

Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu (IFOAM) tarafından 1985 yılında yapılan en yaygın tanımlardan biri, "Organik Tarım, toprakların, ekosistemlerin ve insanların sağlığını sürdüren bir üretim sistemidir. Olumsuz etkileri olan girdilerin kullanımından ziyade, ekolojik süreçlere, biyolojik çeşitliliğe ve yerel koşullara uyulanmış döngülere dayanır. Organik Tarım, gelenek, yenilik ve bilimi birleştirerek ortak çevreye fayda sağlar ve tüm ilgili taraflar için adil ilişkileri ve iyi yaşam kalitesini teşvik eder" şeklinde olduğu bildirilmiştir (IFOAM, 2019).

Türkiye, iklim, toprak, su kaynakları, iş gücü ve ürün çeşitliliği açısından organik tarım için oldukça elverişli koşullara sahiptir. Ülkenin farklı bölgelerinde organik olarak yetiştirilebilecek çeşitli ürünler bulunmaktadır. Türkiye'de yaygın olarak üretilen organik ürünler arasında antep fıstığı, armut, ayçiçeği, badem, yeşil biber, buğday, ceviz, çay, pirinç, çilek, domates, elma, fındık, havuç, incir, karpuz, kavun, kayısı, kestane, kiraz, limon, mandalina, mercimek, mısır, nar, nohut, pamuk tohumu, patates, portakal, soğan, soya fasulyesi, üzüm, vişne, yulaf ve zeytin bulunmaktadır. Bu ürünler, Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde organik tarım metotlarına uygun olarak yetiştirilmektedir. Örneğin, Amasya ve Isparta bölgelerinde elma, Bursa ve çevresinde armut, Antalya ve Mersin bölgelerinde çilek, Aydın ve İzmir bölgelerinde incir, Manisa ve Denizli bölgelerinde üzüm, Malatya bölgesinde kayısı, Antalya ve Mersin bölgelerinde nar üretimi yaygındır. Sebzeler arasında ise Antalya ve Mersin bölgelerinde domates, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yeşil biber, Niğde ve Nevşehir bölgelerinde patates, Amasya ve Çorum bölgelerinde soğan, Konya ve Ankara bölgelerinde havuç öne çıkmaktadır. Baklagiller ve tahıllar arasında İç Anadolu bölgesinde nohut, Güneydoğu Anadolu bölgesinde mercimek, Trakya ve İç Anadolu bölgelerinde buğday, Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde yulaf üretimi yapılmaktadır. Kuruyemişler arasında Karadeniz bölgesinde fındık, İç Anadolu ve Ege bölgelerinde ceviz, Güneydoğu

Anadolu bölgesinde antep fıstığı üretimi yaygındır. Diğer ürünler arasında Karadeniz bölgesinde çay, Ege bölgesinde pamuk ve Ege ile Akdeniz bölgelerinde zeytin üretimi dikkat çekmektedir (Djokoto, 2015).

Sağlıklı organik ürünler yetiştirmek, organik tarım zinciri için yeterli değildir. Hasat sonrası işlemler, toplama, sınıflandırma, depolama, paketleme ve taşıma gibi işlemler de çok önemlidir. Bu faaliyetlerin tümü, ürün kayıplarını en aza indirmek ve ürünlerin organik özelliklerini bozmamak için aynı özenle sürdürülmelidir. Örneğin, hasatta organik kaplar kullanılmalı; işçiler eldiven giymeli ve hasat makineleri tüm kalıntılardan temizlenmelidir. Organik ürünlerin paketlenmesinde plastik ve metal kaplar kullanılamaz. Bunun yerine, organik tarım ilkelere uygun olarak kağıt, karton, sepet ve bez torba gibi ambalaj malzemeleri kullanılmalıdır. Depolama tesisleri, konvansiyonel ürünlerden ayrı olmalıdır. Depolama tesisleri sınırlı olduğunda ürün karışımını önlemek için yeterli önlemler alınmalıdır. Depolama sırasında kimyasal maddeler kullanılamaz. Organik ürünler, konvansiyonel ürünlerle aynı yerde ve aynı zamanda işlenemez. İşleme sırasında kimyasal katkı maddeleri ve ışınlama kullanılamaz. Sadece izin verilen katkı maddeleri kullanılabilir. Ürün, işleme sırasında genetik olarak değiştirilemez. İşleme sırasında Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği hükümleri uygulanır. Organik ürünlerin çimlenme ve gelişme sürecini kimyasal maddeler kullanarak hızlandırmak ve yetkisiz kimyasallarla temizlemek yasaktır. Organik ürünlerin depo yapısı ve taşıma koşulları kontrol kuruluşu tarafından belirlenir. Kurallara göre organik ürünler karayollarında tutulamaz. Taşıma sırasında ürünlerin yakıt atıklarından etkilenmesini önlemek için çift korumalı kaplar kullanılmalı ve kap etiketlenmelidir. Organik ürünlerin taşıyıcıları, iç dolaşım sertifikasına sahip olmalıdır. Pazarlama sürecinde, organik ürünler diğer ürünlerden ayrı satılmalıdır. Kesinlikle paketlenmiş olarak satılmalıdır. Yurtdışına gönderilecek veya diğer ülkelerden getirilecek ürünler, denetim kuruluşunun kontrolü altında olmalıdır (Boz ve Kaynakçı, 2019).

Tüm bu süreçler, organik ürünlere değer katar ve bu sürecin her aşamasında yer alan her bir paydaşa katkı sağlar. Nihai tüketicilere ulaşmak için her ürünün uygun şekilde teslim edilmesi ve pazarlanması gerekmektedir. Tüketicilerin ürünlere erişimi ne kadar sorunsuz olursa, o kadar çok satın alır ve tüketirler. Bu nedenle, pazarlama kanalları, özellikle ulaşılması zor olan tüm tüketicilere ulaşmak için önemlidir. Bu süreçler aynı zamanda ürünlerin değerini artırır ve her aşamada yer alan paydaşlara katkı sağlar (Aksoy ve ark., 2018).

Organik tarım politikalarını geliştirmek ve uygulamak ve ticari yasa ve düzenlemeleri uygulamak için kolaylaştırıcı kurumlara ihtiyaç vardır. Kurumlar, fi-

nans, pazar bilgisi, standartlar, pazarlar, teknoloji, gıda güvenliği, yenilik ve mülkiyet hakları konularında uygun şekilde yer almalıdır. Öte yandan, taşıma, depolama, işleme, paketlenme, ithalat, ihracat, bayiler, iletişimciler gibi kolaylaştırıcı hizmetlere ihtiyaç vardır. Ayrıca, farklı aşamalarda ürünlere değer katan bireyler için teşvikler, değer zincirinin önemli bir parçasını oluşturur (Aksoy ve ark., 2018).

Bu değer zinciri, Türkiye'de organik tarımda uygulanabilir. Ancak, bu zinciri kullanmak için öncelikle organik tarım, Türkiye'nin yedi bölgesinin her birinin uygun tarım ürünlerine odaklanmalıdır. Örneğin, Doğu Karadeniz Bölgesi çay ve fındık için uygunken, Batı Karadeniz Bölgesi kenevir için uygundur. Orta ve Doğu Anadolu bölgeleri, özellikle buğday, arpa, yulaf ve çavdar gibi tahıllarıyla ünlüdür. Malatya ve çevre illerinde kayısı önemli bir avantaja sahiptir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, pamuk, antep fıstığı, mercimek ve karpuz yetiştirmek için uygun iklim ve toprak koşullarına sahiptir. Akdeniz Bölgesi, muz, mısır, yer fıstığı, soya fasulyesi, narenciye, gül ve her türlü sera sebzesi yetiştirmek için elverişli koşullara sahiptir. Ege Bölgesi, çok ünlü zeytin, üzüm, haşhaş, tütün ve incir üretir; son olarak, Marmara Bölgesi keten, zeytin, pirinç ve ayçiçeği üretir (Boz ve Kaynakçı, 2019).

Organik tarım öncelikle bu ürünlere odaklanmalıdır. Başlangıçta belirli üretim alanları ve çiftçiler belirlenmelidir. Tarım ve Orman Bakanlığı, çiftçi örgütleri, kontrol ve sertifikasyon kuruluşları, üniversiteler, tüketici dernekleri ve medya dahil tüm paydaşları bir araya getirmelidir. Çiftçiler, en önemli ürünü organik olarak üretmeye ve yeterli gelir elde etmeye başladıklarında, diğer ürünlerle çeşitliliği artırabilirler. Özellikle Doğu ve Orta Anadolu bölgeleri, organik tahıllar, yemler ve hayvancılığa odaklanabilir. Bu, belirlenen alanlarda tamamen organik bir tarım sistemi sağlayabilir (Boz ve Kaynakçı, 2019).

TÜRKİYEDE GELENEKSEL TARIM

Geleneksel tarım Türkiye'de hala yaygın olarak uygulanmaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde, yerel bilgi ve geleneklere dayalı tarım yöntemleri kullanılmaktadır. Geleneksel tarım, düşük maliyetli ve yerel ekonomiyi destekleyen bir model olarak önemini korumaktadır. Geleneksel tarımın sürdürülebilirliği ve verimliliğini artırmak için, modern tarım teknikleri ile entegrasyon ve yerel bilgi birikiminin korunması önemlidir. Bu sayede, hem çevresel sürdürülebilirlik sağlanabilir hem de yerel ekonomiye katkı devam ettirilebilir (Başak Ekolojik, 2024).

ORGANİK TARIM MEVZUATI

Türkiye’de organik tarım faaliyetleri, 5262 Sayılı Organik Tarım Kanunu kapsamında düzenlenmiştir. Bu kanun, organik tarımın esaslarını belirler ve organik tarım faaliyetlerinin denetimini sağlar. Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik, 27676 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır. Bu yönetmelik, organik tarım üretiminden, organik ürünlerin işlenmesine, ambalajlanmasına, etiketlenmesine ve pazarlanmasına kadar çeşitli konuları kapsar (Emir ve Demiryürek, 2014).

Organik tarım yapmak isteyen üreticiler, yetkilendirilmiş kontrol ve sertifikasyon kuruluşlarına başvuruda bulunur. Başvuru sırasında üretim alanı, ürünler, depolama ve paketlenme üniteleri gibi detaylar belirtilir. Yetkilendirilmiş kuruluşlar, üretim alanlarını ve süreçlerini kontrol eder. Bu kontroller, üretimden hasata, depolamadan satışa kadar tüm aşamaları kapsar. Yılda en az bir kez yapılan bu kontroller, habersiz olarak da gerçekleştirilebilir. Ürünler, kimyasal kalıntı analizine tabi tutulur. Bu analizler, akredite laboratuvarlarda yapılır ve sonuçlar kontrol raporlarına eklenir. Kontrollerin ve analizlerin ardından, üreticinin organik tarım standartlarına uygun üretim yaptığına dair sertifika verilir. Bu sertifika, ürünlerin organik olarak pazarlanmasını sağlar (Aksoy ve Dölekoğlu, 2003).

Organik tarım kanunu 2004 öncesi bu dönemde ulusal yasal düzenlemeler bulunmamaktaydı. Organik tarım faaliyetleri, batı Avrupa şirketlerinin talepleri doğrultusunda ve ithalatçı ülkelerin mevzuatına uygun olarak yürütülmekteydi. Avrupa Konseyi, 1991 yılında 2092/91 sayılı Konsey Tüzüğü’nü yayımlayarak, Avrupa Topluluğu’na (AT) organik ürün ihraç eden ülkelerin ulusal mevzuatlarını yayımlamalarını zorunlu kıldı. Türkiye’deki ilk resmi organik tarım hareketi, 1992 yılında Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği’nin (ETO) kurulmasıyla başladı. 18 Aralık 1994 tarihinde "Bitkisel ve Hayvansal Tarım Ürünlerinin Ekolojik Yöntemlerle Üretimi" başlıklı yönetmelik yayımlandı. Bu yönetmelik, Türkiye’de organik tarım faaliyetlerinin ilk kez Tarım ve Köyişleri Bakanlığı’nın (TKB) kontrolü ve belirlenmiş kuralları altında yürütülmesini sağladı. AB mevzuatındaki değişikliklere uyum sağlamak için bu yönetmelikte değişiklikler yapılması gerekti ve 11 Temmuz 2002 tarihinde "Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik" yayımlandı. Bu yönetmelik, organik hayvansal üretim ve kültürel balıkçılık kurallarını da içermekte olduğu bildirilmiştir (Kılıçaslan ve Nazlı, 2015).

Organik Tarım Kanunu 2004 Sonrası Türkiye’de organik tarım konusunda en etkili mevzuat, 3 Aralık 2004 tarihinde yayımlanan 5262 sayılı Organik Tarım Kanunu ile oluşturuldu. Bu kanun, organik ürünlerin üretimi, tüketimi ve denetimi için kuralları belirledi ve önceki organik tarım düzenlemelerinde yapılan yasal değişiklikleri güçlendirdi. Ayrıca, organik süreçlere dahil olan tarafların görev

ve sorumlulukları ile kanun ve düzenlemelere uymayanlar için cezalar belirlendi. Organik kanuna dayanarak, 10 Haziran 2005 tarihinde "Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik" yürürlüğe girdi. Bu yönetmelik, AB'ye organik ürün ihraç eden ülkeler listesinde yer almak amacıyla ve 2092/91 sayılı Konsey Tüzüğü dikkate alınarak hazırlandı. Organik tarım ürünlerinin istenen çeşit ve miktarlarda dış pazarlarda ihracatı ve pazarlanması bu yönetmelik ile mümkün hale geldi. AB mevzuatındaki iç değişikliklerin yapılmasını sağlamak için 10 Ekim 2006 tarihinde "Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik" yayımlandı. (Kılıçaslan ve Nazlı, 2015).

ORGANİK TARIM SERTİFİKASYONU

Organik tarımda yetki verilen kontrol ve sertifikasyon kuruluşları, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın denetimi altında faaliyet gösterir. Bu kuruluşlar, organik tarım faaliyetlerinin mevzuata uygunluğunu denetler ve sertifikalandırır. Yetkilendirilmiş Kuruluşlar: Türkiye'de organik tarım sertifikasyonu, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş kuruluşlar tarafından yapılır. Bu kuruluşlar arasında BCS(Almanya), ECOCERT (Fransa) , IMO(İsviçre), ICEA(İtalya), SKAL(Hollanda) gibi yabancı kuruluşlar ile ETKO (Ekolojik Tarımsal Kontrol Organizasyonu)ve EKOTAR gibi yerli kuruluşlar bulunmaktadır. Uluslararası Standartlar Türkiye'de organik ürünlerin sertifikasyonu, TR ve AB standartlarına göre yapılmaktadır. İhracat durumunda, ithalatçı ülkenin standartlarına göre de sertifikasyon gerçekleştirilebilir. Sertifikasyon Süreci: Başvuru, kontrol, analiz ve sertifikasyon aşamalarından oluşur. Üreticiler, organik tarım metotlarına uygun üretim yaptıklarını taahhüt eden bir sözleşme imzalar ve kontroller sonucunda sertifika alırlar (Organik ürün belgesi, 2024).

Türkiye'de organik tarım modeli genellikle organik üreticiler ile şirketler arasında sözleşmeli tarım şeklinde yürütülmektedir. Bu modelde, üreticiler organik şirketlerin proje yöneticilerinin yönlendirmeleri doğrultusunda sentetik gübre ve tarım ilacı kullanmamayı taahhüt ederler ve gerekli tarımsal uygulamaları gerçekleştirirler. Kontrol ve sertifikasyon işlemleri, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı (TKB) ve Avrupa Birliği (AB) tarafından yetkilendirilen ve akredite olan kontrol ve sertifikasyon kuruluşları (KSK) tarafından yapılır. Sözleşmeli şirketler, belirlenen miktarda organik olarak yetiştirilmiş ve KSK'lar tarafından sertifikalanmış ürünleri almayı taahhüt ederler ve genellikle bu işlemleri organize ederler. Bazı şirketler, üreticilere danışmanlık, kayıt tutma, girdi ve kredi gibi hizmetlerle destek sağlarlar. Şirketler ayrıca, organik üreticilere konvansiyonel ürünlerin fiyatının belirli bir oranı kadar ilave bir prim fiyatı ödemeyi taahhüt ederler. Bu sözleşmeler, üreticilere ulusal yönetmelik ve uluslararası organik tarım standartlarına uygun üretim yapma sorumluluğu yükler. Son yıllarda, organik üreticiler ile

firmalar arasındaki anlaşmazlıklar nedeniyle bazı üreticiler kendi birliklerini kurarak, kendi örgütleri aracılığıyla sertifikalarını temin etmekte ve ürünlerini pazarlamaya çalışmaktadırlar. (Aydın Eryılmaz vd., 2019).

SONUÇ

Türkiye'de organik tarımı geliştirmek için çok boyutlu hedefler belirlenmeli ve uzun vadeli politikalar buna göre uygulanmalıdır. Üretim, işleme, pazarlama, tüketim, ihracat ve mevzuat çalışmaları eşzamanlı olarak yürütülmelidir. Arz odaklı üretim yerine, organik olarak üretilen ürünlerin makul fiyatlarla satılmasını sağlamak için talep odaklı üretim tercih edilmelidir. Türkiye'de organik üretim alanı, organik çiftçi ve ürün sayısı ile organik üretim miktarı artış eğiliminde olmasına rağmen, ülkenin tarımsal potansiyeli göz önüne alındığında mevcut rakamlar tatmin edici değildir. Bu nedenle, her bölgede çiftçiler arasında farkındalık yaratmak için tarımsal yayım programlarına ihtiyaç vardır, özellikle uygun ürünler için. Çiftçiler, çevre dostu, sosyal olarak kabul edilebilir ve ekonomik olarak uygulanabilir bir üretim sistemi ile ikna edilmelidir. Tarım ve Orman Bakanlığı, çiftçi örgütleri ile iş birliği yaparak öncelikli bölgeleri, öncelikli ürünleri ve organik ürün üretmeyi kabul eden çiftçileri belirleme inisiyatifi almalıdır. Özellikle dönüşüm sürecinin ilk yıllarında gelir kayıplarını telafi etmek için sübvansiyonlar sağlanmalıdır. Sertifikasyon ve kontrol kuruluşları ile hükümetin organik tarım için sübvansiyonlar sağlamasına rağmen, küçük ve dağınık çiftlikler nedeniyle çiftçileri organize etmek ve ortak sertifikasyon kampanyaları uygulamak zordur. Bu durum, çiftçilerin girdi ve çıktı fiyatlarını etkileme gücünü azaltır ve piyasa güçlerine bağımlılığı artırır. Bu nedenle, organik tarım programları çiftçi örgütleri aracılığıyla uygulanmalıdır.

Tüketici araştırmalarına öncelik verilmelidir. Türkiye'nin nüfusu 2019'da 82 milyona ulaşmış olmasına rağmen, organik tarımdaki gelişmeler büyük ölçüde ihracata dayanmaktadır. İç tüketim göz ardı edilmemelidir. Organik ürünler için daha yüksek fiyatlar ödemeye istekli milyonlarca insan var, ancak bu ürünlere ulaşamadıkları için tüketmiyorlar. Ana akım perakendeciler ve yerel organik pazarlar bu boşluğu doldurmak için önemli bir rol oynayabilir. Ayrıca, internet de organik ürünlerin pazarlanmasında kullanılmalıdır. Bu yöntemi kullanmak için satıcılar ve tüketiciler internete erişim sağlamalı ve bu yöntemi kullanma yeteneklerine sahip olmalıdır. Organik ürünlerin değerini artırmak için yeni depolama ve işleme tesisleri kurulmalıdır. Organik ürünlerin depolandığı ve işlendiği tesisler yeterli niteliklere sahip olmalıdır. Depolama tesisleri kimyasal maddelerden ve malzemelerden korunmalıdır. Lisanslı depolama tesisleri teşvik edilmelidir. Bu tesisler yeterli miktarda organik ürün depoladığında, ürün başına depolama maliyeti düşebilir.

KAYNAKÇA

- Aksoy, E., & Dölekoğlu, T. (2003). Dünya’da ve Türkiye’de organik pamuk üretim ve ticareti. *Türkiye*, 6, 58-64.
- Aksoy, U., Boz, İ., Eynalov, H., & Gulliev, Y. (2018). Organic agriculture in Azerbaijan: Current status and potentials for future development. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Baku.
- Ağızan, S. (2024). İklim değişikliği açısından Konya ilinde organik ve geleneksel tarım faaliyetlerinin analizi.
- Ataseven, Y., & Güneş, E. (2008). Türkiye’de işlenmiş organik tarım ürünleri üretimi ve ticaretindeki gelişmeler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 25-33.
- Aydın Eryılmaz, G., Kılıç, O., & Boz, İ. (2019). Türkiye’de organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 352-361. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.446002>
<https://doi.org/10.29133/yyutbd.446002>
- Başak Ekolojik. (2024). Geleneksel tarım yöntemleri ve modern tarım arasındaki farklar. Başak Ekolojik. <https://www.basakekolojik.com.tr/geleneksel-tarim-yontemleri-ve-modern-tarim-arasindaki-farklar>
- Boz, İ., & Kaynakçı, C. (2019). Possibilities of improving organic farming in Turkey. <https://doi.org/10.18775/ijied.1849-7551-7020.2015.54.2002>
- De Ponti, T., Rijk, B., & Van Ittersum, M. K. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.004>
- Djokoto, J. G. (2015). Technical efficiency of organic agriculture: A quantitative review. *Studies in Agricultural Economics*, 117(2), 67-71. <https://doi.org/10.7896/j.1512>
- Emir, M., & Demiryürek, K. (2014). Avrupa Birliği ve Türkiye’deki organik tarım mevzuatındaki gelişmeler ve son yönetmeliklerin analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 21-28.
- IFOAM, E. (2019). Plant reproductive material in the new organic regulation (EU) 2018/848.
- Kılıçaslan Durak, N. S. (2015). Türkiye ve AB’de organik tarım mevzuatı, uygulamaları ve değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, TR. Ministry of Food Agriculture and Livestock General Directorate of European Union and Foreign Affairs).
- Merdan, K. (2014). Türkiye’de organik tarımın ekonomik analizi: Doğu Karadeniz uygulaması.
- Organik ürün belgesi. (2024). Kavi Danışmanlık. Available at: <https://kavidanismanlik.com/organik-urun-belgesi/> (Accessed: 20 December 2024).

- Öztürk, D., & İslam, A. (2014). Türkiye’de organik ürünlerin pazarlanması. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 75-94. <https://doi.org/10.19129/sbad.269>
- Rime Organik. (2023). Organik tarım nedir? Doğayla uyum içinde bir tarım yöntemi. <https://www.rimeorganik.com/post/organik-tar%C4%B1m-nedir-do%C4%9Fayla-uyum-i%C3%A7inde-bir-tar%C4%B1m-y%C3%B6ntemi>
- Wikifarmer. (2023). Organik tarım nedir? Organik tarımın tanımı ve örnekleri. <https://wikifarmer.com/library/tr/article/organik-tarim-nedir-organik-tarimin-tanimi-ve-ornekleri>



BÖLÜM 25

Ormancılık ve Orman Ürünleri Mesleki Disiplin Konusunda Hazırlanan Kırsal Kalkınma ve Sosyal Ormancılık Çalışmalarının Bibliyometrik Analizi

Damla Yıldız¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Ormancılık Politikası ve Yönetimi Ana Bilim Dalı, Karabük/TÜRKİYE, Orcid: 0000-0002-6809-0538

1. GİRİŞ

Büyüme, gelişme ve kalkınma arasında belirgin bir ilişki olabileceği gibi belli noktalarda ayrımları da söz konusudur. Özellikle ekonomide kalkınma ile büyüme en çok tartışılan konular olarak yer almıştır (Tolunay ve Akyol, 2006). Büyüme, daha çok gelişmiş ülkelerin gerçekleştirmeye çalıştıkları bir durum olup gelişme veya kalkınma, geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde söz konusu olmaktadır (Piketty, 2023). Büyüme, ekonomi için zorunlu bir yapı değişikliğini amaçlamaz hatta nitelikten daha çok niceliksel bir değişimi işaret etmektedir. Kalkınma kavramı, büyümeden daha geniş kapsamlıdır, mevcut ekonomik yapı kabullenilmez ve bu yapının değiştirilerek geliştirilmesi anlayışı dikkate alınmaktadır (Han ve Kaya, 2006; Taban ve Kar, 2015). Geçmişten günümüze kalkınma felsefesi kendi içerisinde de farklı yaklaşım ve anlayışların benimsendiği bir gelişime doğru evrilmiştir. Kalkınma, mevcut durumdan veya önceki konumdan hareket ederek, olumlu yönde değişimi teşvik eden dinamik bir kavram olarak görülmüş ve bir ülkedeki yapısal niteliklerin olumlu yöndeki evrimi şeklinde tanımlanmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın da temelleri ekonomik, sosyal, politik ve çevresel anlamda değişen ve gelişen bu yaklaşımlar neticesinde atılmıştır (Tolunay ve Akyol, 2006).

Kırsal kalkınmanın çeşitli kaynaklarda farklı tanımları mevcuttur fakat esas amacın kırsal alanda yaşayan halkın yaşam kalitesini artırmak olduğu söylenebilmektedir (Bulut ve Kutlar, 2016). Türkiye açısından kırsal kalkınma; kırsal alanlarda bu yaşam koşullarının iyileştirilmesi ve kentsel alanların sahip olduğu ekonomik, sosyal, kültürel şartların bu alanlara da sağlanması olarak tanımlanabilir (Yavuz, 2020). Kırsal kalkınma çalışmaları, daha geniş kapsamlı ve içerikli bir kalkınma çabası olmakla beraber değişik yelpazede konu tür ve çeşitliliğini barındırmaktadır. Kırsal kalkınma çalışmalarında, yaklaşımın bu konudaki ölçüt ve göstergeleri yansıtacak bir biçimde olması beklenmektedir (Tolunay ve Ekemen, 2023).

Dünya genelindeki kırsal kalkınma gelişmeleri, Türkiye'yi de etkisi altına almıştır. Çeşitli kırsal kalkınma yaklaşımlarını deneyen ve uygulayan bir ülke olarak öne çıksa da onca çabalar ve tedbirlere rağmen beklenen sonuçlar elde edilememiştir. Bu sebeple de kırsal kalkınma konusu Türkiye'nin gündeminde önemli bir yer tutmaktadır ve üzerine yönelik çalışmalar ve arayışlar önemli bir ivme kazanmıştır (Olgun Susta, 2024). Kırsal kalkınma çalışmaları orman köylerinde sosyal ormancılığı işaret etmektedir. Sosyal ormancılık ise insan ile orman arasındaki sosyo-ekonomik sorunları çözmek için fikirler ve modeller üreten bir ormancılık anlayışı olup, ilkeleri ve uygulamaları ormancılık politikalarında ve ormancılık çalışmalarında yer alan bir ormancılık tipidir (Tolunay, 1998). Tam da

bu noktada kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışmaları büyüme ve kalkınmanın kırsaldan başlanarak sağlanmasını teşvik edecek hatta yöresel, bölgesel ve ulusal kalkınmanın itici gücü haline gelmeye başlayacaktır.

Bibliyometrik araştırmaların, yazılı belgelerin belirli parametreler bağlamında incelenerek, bilimsel iletişime dair birtakım sonuçlara ulaşılmasını sağlayan araçlar olduğu bilinmektedir (Al ve Coştur, 2007). Bibliyometrik bir çalışma, belirli konular hakkında mevcut literatürle ilgili kavramsal ve ileri görüşlü olarak bilgi sağlamaktadır (Singhania vd., 2022). Bibliyometrik analiz, çalışılan konunun geçmişten günümüze akademik seyri ve gelişimini sistemli bir şekilde görünür hale getirir ve ileriki araştırmalara tavsiye bir rehber niteliğindedir (Ak, 2021). Böylece mevcut bilgi birikiminin bir yığına dönüşmesine engel olan bibliyometrik analiz çalışmaları özellikle son zamanlarda büyük önem kazanmıştır (Öztürk ve Gürler, 2021).

Bu çalışmada; Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi (UTM)'nde kayıtlı ve ormancılık ve orman mühendisliği mesleki disiplin konusunda kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine yazılmış yüksek lisans ve doktora tezlerinin belirlenen parametreler dahilinde bibliyometrik analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışmalarına yönelik yüksek lisans ve doktora tezleri, bildiri, makale gibi ulusal ve uluslararası düzeyde akademik araştırmalar gerçekleştirilmiş olsa da bibliyometrik bir analiz çalışmasının kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışmaları özelinde çalışmadığı görülmüştür. Böylece, Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılıkla ilgili hazırlanan lisansüstü çalışmaların geçmişten günümüze gelişim seyrinin, çizdiği profilin daha sonra bu konuda gerçekleştirilmesi planlanan çalışmalar için yol gösterici rehber niteliğinde görülmesi öngörülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, ormancılık ve orman mühendisliği mesleki disiplin konusunda, kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanmış yüksek lisans ve doktora tezlerinin taranması aşamasında veriler, YÖK UTM veritabanı kullanılarak elde edilmiştir. Bu doğrultuda ilgili veritabanında tarama kısmında “detaylı tarama” yoluyla ilk önce konu kısmı doldurulmuştur. Konu kısmına “ormancılık ve orman mühendisliği” yazılmış ve sonrasında tez adı kısmına “kırsal”, “kırsal kalkınma”, “sosyal ormancılık”, “kooperatif”, “ORKÖY”, “yoksulluk”, “orman köyü”, “orman köylü”, “tarımsal ormancılık”, “agroforestry” anahtar kelimeleri girilerek aramalar gerçekleştirilmiş ve başlıklarında bu anahtar kelimeleri içeren

lisansüstü tezler çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Ayrıca izin durumu ve tez türü “tümü” olarak işaretlenerek tüm çalışmalara ulaşılmak istenmiştir.

Çalışma kapsamına alınan lisansüstü tezlerin sınıflandırılmasında kullanılan parametrelerin belirlenmesinde önceki çalışmalardan (Al ve Coştur, 2007; Gül ve Gül, 2018; Doğan, 2020; Hoştut vd., 2022; Ongun, 2023; Yıldız ve Coşgun, 2023) faydalanılmıştır. Çalışma verisi olarak kullanılacak tezlere ulaşmadaki parametrelere yol gösteren araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin tür dağılımı nasıldır?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlere erişim durumları nasıldır?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin danışman ünvan durumu nedir?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin yazar cinsiyetlerine göre dağılımı ne şekilde gerçekleşmiştir?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin üniversitelere dağılımı nasıldır?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin enstitülere göre dağılımları nasıldır?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin hangi dillerde yayımlanmıştır?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin sayfaları hangi aralıklarda dağılmıştır?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin ilişkili olduğu mesleki disiplin konularının dağılımı ne şekildedir?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin dizinde yer verdikleri kelimeler nelerdir?
- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin hangi ana bilim dallarında yer almaktadır?

- Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanan lisansüstü tezlerin içerikleri hangi kategoriler kapsamında sınıflandırılmıştır?

Çalışma deseni olarak “durum çalışması” üzerine kurgulanan bu çalışmada örnekleme yönteminde amaçlı örneklemlerden biri olan ölçüt örnekleme tekniğinin seçilmesine karar verilmiştir. Bu yöntemde Araştırmacıların örnekleme sayısını ve seçimini kendi kararlarıyla belirlediği bu yöntemde son derece fazla bilgiye yer verildiği düşünülmekte ve konunun derinlemesine çalışılmasına olanak sağlayan örneklerin seçildiği öngörülmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2021; Güçlü, 2021).

Çalışmada “<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tarama.jsp>” adresinde, 05.12.2024 tarihinde gerçekleştirilen taramalar sonucunda ilk aşamada toplamda 102 adet yüksek lisans ve doktora tezine ulaşılmıştır. Verilerin elde edilmesi amacıyla girilen anahtar kelimelerin her biri sonrası elde edilen tez sayıları incelenildiğinde; kırsal (f:19), kırsal kalkınma (f:9), sosyal ormancılık (f:3), kooperatif (f:8), ORKÖY (f:4), yoksulluk (f:2), orman köyü (f:33), orman köylüsü (f:10), tarımsal ormancılık (f:5) ve agroforestry (f:9) olarak dağılım gösterdiği bulunmuştur. Daha sonra farklı anahtar kelimeler girilmesine rağmen birbirinin aynısı olan tezler elenerek teke düşürülmüş ve çalışma nihai olarak toplamda 66 tez üzerinden gerçekleştirilmiştir.

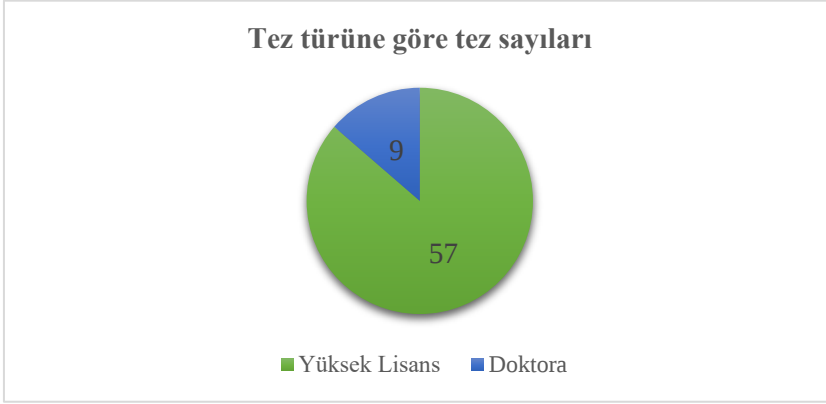
Tarama sonucunda, veritabanından toplanan tezlere ait veriler, Microsoft Office Excel’in yanı sıra MAXQDA 2020 paket programı yardımıyla analiz edilerek değerlendirilmiş özgün çalışma veri seti oluşturulmuştur. Bibliyometrik analizleri bu program aracılığıyla sunan birçok çalışma bulunmaktadır. İkincil veriler olan lisansüstü tez incelemesi yoluyla elde edilen dokümanlardaki verilerin değerlendirilmesinde “içerik analizi” tekniği uygulanmıştır. Çalışmada, bibliyometrik analiz sonucu elde edilen veriler analiz edilerek çözümlenmiş, sıklık (f) ve yüzde (%) değerleri tablo haline getirilip yorumlanmış ve ayrıca “Kod - Kelime Bulutları” ve tez içerikleri MAXMaps ile “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” yoluyla görselleştirilmiştir. Görselleştirme sonuçları, MAXQDA’nın güçlü yönlerinden bir tanesidir (Baş ve Akturan, 2017).

3. BULGULAR

Lisansüstü tezlere ait; tez türü, tezin izin bilgisi, yayınlandığı yılı, hazırlandığı üniversite, hazırlandığı enstitü, danışman ünvanı, tezlerin sayfa sayısı, tez yazım dil, tez yazarı cinsiyeti, akademik danışmanın cinsiyeti, tezlerin hazırlandıkları ana bilim dalları, tezlerin ilişkili olduğu mesleki disiplin konuları, tezlere ait dizin bilgileri vb bilgileri bu bölümde yer almıştır.

3.1. Lisansüstü Tezlerin Tez Türüne Göre Dağılımı

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine yazılan 66 adet lisansüstü tez çalışmasının tez türlerine göre dağılımları Şekil 1’de yer almıştır.



Şekil 1. Lisansüstü tezlerin türleri açısından dağılımı

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılıkla ilgili hazırlanan tezlerin %86’sının yüksek lisans tezi olduğu ve %14’ünün de doktora tezi olduğu tespit edilmiştir. Yüksek lisans türündeki tez sayısının doktora tezlerine oranla nicelik olarak daha fazla olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 1).

3.2. Lisansüstü Tezlerin Erişim Durumu

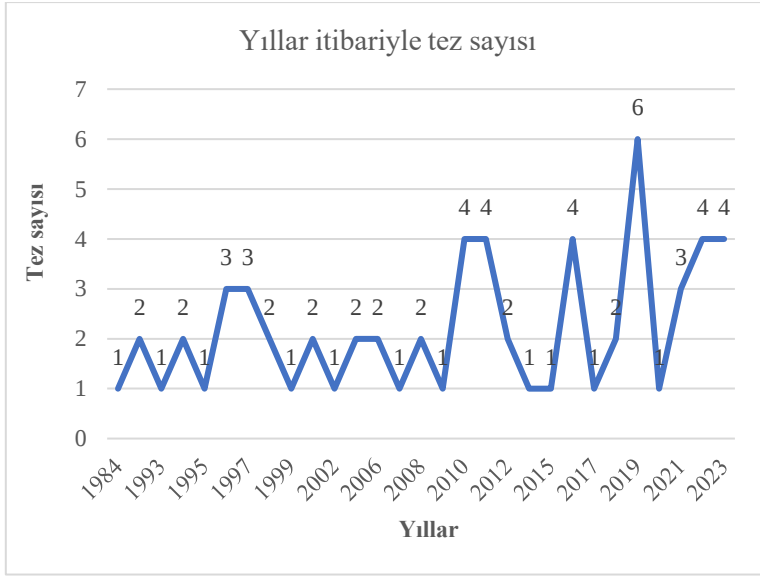
Lisansüstü tezlerin izin durumlarına Şekil 2’de yer verilmiştir. Tezlerin %76’sının erişim izni bulunduğu ve sadece %24’ünün erişime açık olmadığı görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Lisansüstü tezlere erişim izni durumu

3.3. Lisansüstü Tezlerin Yayınlandıkları Yıllar İtibariyle Dağılımı

Lisansüstü tezlerin yayınlandıkları yıllar bazındaki durumu Şekil 3'te yer almaktadır. Çalışma kapsamıyla çerçevesi çizilen Kırsal kalkınma ve sosyal orman-cılık çalışmalarına yönelik hazırlanan YÖK UTM'de kayıtlı ilk tezin 1984'te ha-zırlandığı görülmektedir. Yayımlanan tezlerin yayımlandığı yıllara göre dağılımı incelendiğinde; %9 oranıyla en fazla tez 2019 yılında hazırlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı (1984-2024)

3.4. Lisansüstü Tezlerin Danışman Ünvanlarına Göre Dağılımı

Tablo 1'de lisansüstü tezlere danışmanlık yapan akademisyenlerin ünvanla-rına yer verilmiştir.

Tablo 1. Lisansüstü tezlere danışmanlık yapan akademisyenlerin ünvanları

Ünvanlar	Yüksek lisans		Doktora		Toplam	
	f	%	f	%	f	%
Prof. Dr.	29	50,9	5	55,6	34	51,5
Doç. Dr.	17	29,8	2	22,2	19	28,8
Dr. Öğr. Üyesi	10	17,5	2	22,2	12	18,2
Dr.*	1	1,8	0	0,0	1	1,5

*Yurtdışı enstitü bünyesinde hazırlanan tezin danışman ünvanı Dr. olarak bildirilmiştir.

Tablo 1’de görüldüğü gibi yüksek lisans tezlerinin %50,9’una ve doktora tezlerinin de %55,6’sına Prof. Dr. ünvanlı akademisyenler danışmanlık yapmıştır. Lisansüstü tezlerin yarısından fazlasına Prof. Dr. (%51,5), %28,8’ine Doç. Dr., %18,2’sine Dr. Öğr. Üyesi ve %1,5’ine Dr. ünvanlı akademisyenlerin danışmanlık yaptığı görülmektedir (Tablo 1).

3.5. Akademik Tez Danışmanlarının Cinsiyete Göre Dağılımı

1984-2024 yılları arasında yayımlanan 66 tezin hazırlandığı akademik danışmanların cinsiyetine göre dağılım oranı incelendiğinde yayımlanan tezlerin %92’sinin erkekler ve %8’inin kadınlar tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Akademik tez danışmanlarının cinsiyete göre dağılımı

3.6. Tez Yazarlarının Cinsiyete Göre Dağılımı

1984-2024 yılları arasında yayımlanan 66 tezin yazar cinsiyetine göre dağılım oranı incelendiğinde yayımlanan tezlerin %60,6’sının erkekler ve %39,4’ünün kadınlar tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Tez yazarlarının cinsiyete göre dağılımı

3.7. Lisansüstü Tezlerin Hazırlandıkları Üniversitelere Göre Dağılımı

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılıkla ilgili hazırlanan toplam 66 lisansüstü tezin 18 farklı üniversiteye göre dağılımları Tablo 2’de sunulmuştur.

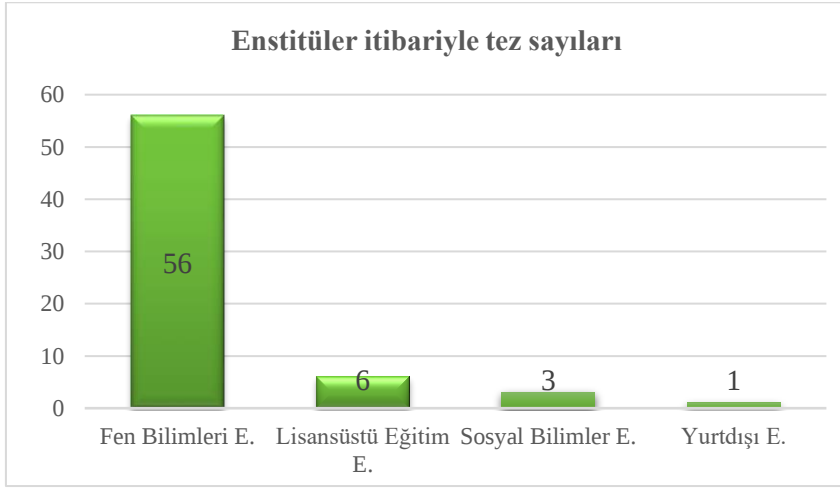
Tablo 2. Lisansüstü tezlerin hazırlandıkları üniversiteler

Üniversite adı	f	%	Üniversite adı	f	%
Ankara Ü.	1	1,5	İstanbul Ü.	12	18,2
Artvin Ü.	2	3,0	Kahramanmaraş Sütçü İmam Ü.	4	6,1
Bartın Ü.	2	3,0	Karabük Ü.	1	1,5
Bursa Teknik Ü.	1	1,5	Karadeniz Teknik Ü.	15	22,7
Çankırı Karatekin Ü.	3	4,5	Kastamonu Ü.	3	4,5
Çukurova Ü.	1	1,5	Süleyman Demirel Ü.	9	13,6
Giresun Ü.	1	1,5	University of Missouri	1	1,5
Gümüşhane Ü.	2	3,0	Yeditepe Ü.	1	1,5
Isparta Uygulamalı Bilimler Ü.	5	7,6	Zonguldak Karaelmas Ü.	2	3,0

Türkiye’de toplam 208 üniversite² bulunmakta olup bu üniversitelerin %8,7’sinde kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine lisansüstü tez hazırlandığı görülmektedir. Bu konuda en fazla katkı sunan üniversitenin ise Karadeniz Teknik Üniversitesi (%22,7) olduğu görülmektedir (Tablo 2).

3.8. Lisansüstü Tezlerin Hazırlandıkları Enstitülere Göre Dağılımı

Şekil 6’da yer alan verilere göre, kırsal kalkınma ve sosyal ormancılıkla ilgili lisansüstü tezlerin dört farklı enstitü bünyesinde hazırlandığı ortaya konmuştur. Tezlerin hazırlandığı enstitülerin dağılımında ilk sırada %84,8 ile Fen bilimleri enstitüsü gelmektedir. Bu sonuç çalışmanın sınırlarının ormancılık ve orman mühendisliği konusunun seçilmesiyle ilişkili olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Tezlerin hazırlandıkları enstitülere göre dağılımı

3.9. Lisansüstü Tezlerin Yazım Dillerine Göre Dağılımı

Şekil 7’de lisansüstü tezlerin yazım dillerine göre dağılımı görülmektedir. Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık konusunda hazırlanan lisansüstü tezlerin Türkçe (%95,5) ve İngilizce (%4,5) olmak üzere iki dilde hazırlandığı bulunmuştur. Hazırlanan tezlerin büyük çoğunluğunun Türkçe dilinde yazıldığı ortaya çıkmıştır.

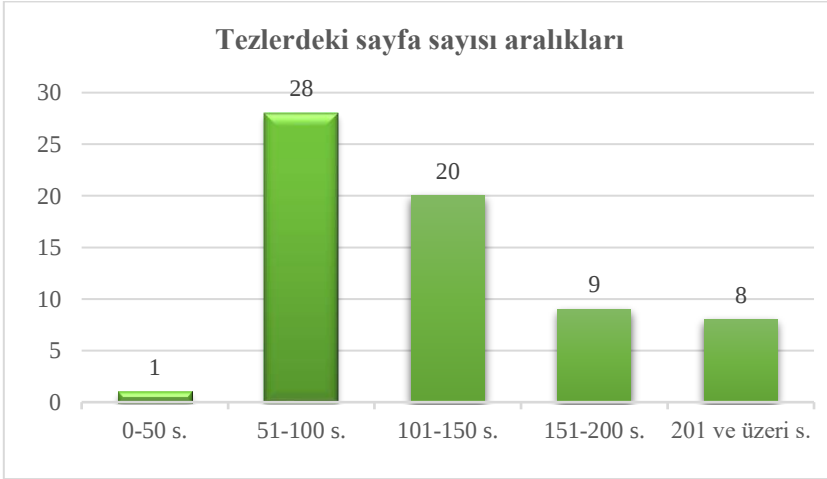
² Yükseköğretim Kurulu (YÖK), Tüm Üniversite Listesi, <https://www.yok.gov.tr/universiteler/izleme-ve-degerlendirme-raporlari> (Erişim tarihi: 21.11.2024).



Şekil 7. Tezlerin yazıldıkları dillere göre dağılımı (1984-2024)

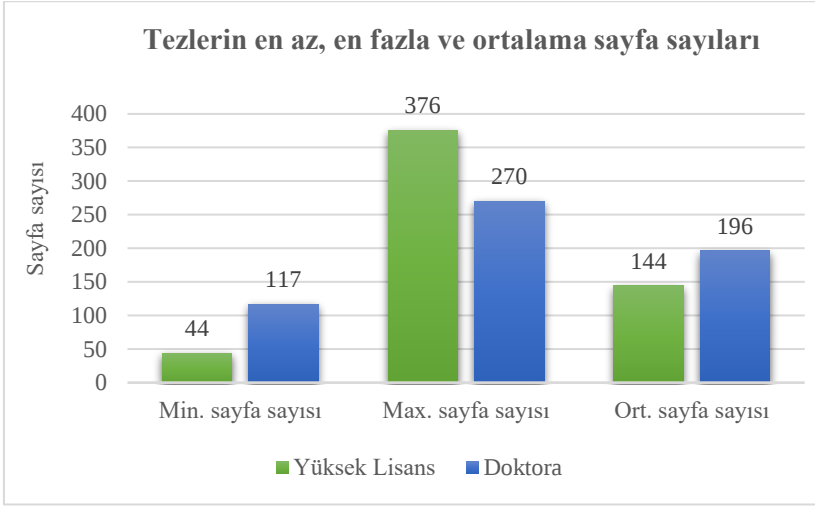
3.10. Lisansüstü Tezlerin Sayfa Sayılarına Göre Dağılımı

Şekil 8’de lisansüstü tezlerin sayfa sayıları sunulmuştur. Literatürdeki diğer bibliyometrik çalışmalara paralel şekilde yüksek lisans ve doktora tezlerindeki sayfa sayılarında farklılıklar söz konusu olduğu bulunmuştur. Lisansüstü tezlerin %42,4’ünün 51-100 sayfa aralığında ve %30,3’ünün 101-150 sayfa aralığında özellikle yoğunlaştığı bulunmuştur.



Şekil 8. Lisansüstü tezlerin sayfa sayısı aralıklarının dağılımı

Şekil 9’da Lisansüstü tezlerin en az, en fazla ve ortalama sayfa sayılarına yer verilmiştir. Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışmaları üzerine yazılan lisansüstü tezlerin hizmet ettiği sayfa sayıları sunulmuştur.

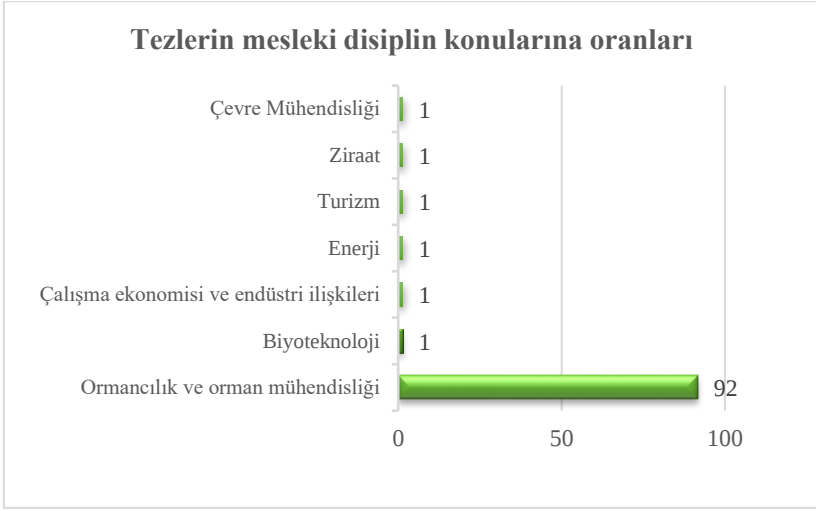


Şekil 9. Lisansüstü tezlerin min., max. ve ort. sayısı durumu

Şekil 9'a göre yüksek lisans tezlerin en az 44 sayfa, en fazla 376 sayfa hazırlanmış olduğu ortaya konmuş ve ortalama 144 sayfa olarak hazırlandıkları bulunmuştur. Doktora tezleri ise en az 117 sayfa, en fazla 270 sayfa olarak hazırlanmış olup; ort. sayfa sayısı ise 196 sayfa olarak belirlenmiştir (Şekil 9).

3.11. Lisansüstü Tezlerin İlişkili Olduğu Mesleki Disiplin Konularının Dağılımı

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılıkla ilgili hazırlanan lisansüstü tezlerin yer aldığı mesleki disiplin konularına Şekil 10'da yer verilmiştir. Birinci konuda 66, ikinci konuda 4 ve üçüncü konuda da 2 adet olmak üzere toplamda 72 adet mesleki disiplin konusuna yer verilmiştir. Bu doğrultuda ormancılık ve orman mühendisliği mesleki disiplin konusu (%92) dışında altı farklı meslek disiplininde çalışma konusuna yer verildiği ortaya konmuştur (Şekil 10).

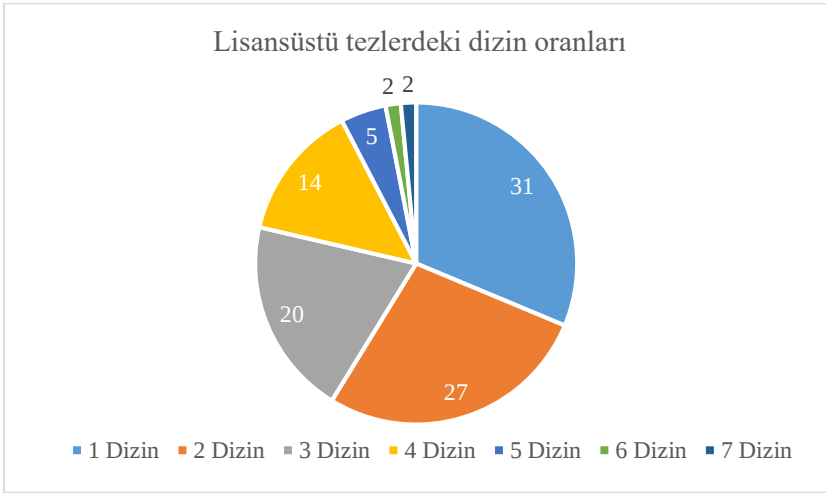


Şekil 10. Lisansüstü tezlerin ilişkili olduğu mesleki disiplin konularının dağılımı

3.12. Lisansüstü Tezlerin Dizinde Yer Verdikleri Kelimelerin Bulguları

Lisansüstü tezlerin dizinde yer verdikleri ifadelerin kelime bulutu oluşturulurken metin içerisindeki tekrarlanma sayısı dikkate alınmıştır. Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık konusunda hazırlanan 66 lisansüstü teze ait “Tez bilgisi detayları” incelendiğinde 41 tezin künye bilgilerinde “Dizin” yer almış olup, 25 tezde boş bırakıldığı görülmüştür.

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık konusunda hazırlanan lisansüstü tezlerde en az 1 dizin yer alırken en fazla 7 dizine yer verilmiştir. İlk dizinde 41, ikincisinde 36, üçüncüsünde 26, dördüncüsünde 18, beşincisinde 6, altıncısında 2 ve yedincisinde de 2 olmak üzere toplam 131 adet dizin kullanıldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Lisansüstü tezlerin kullandıkları dizin sayılarına göre dağılımları

Şekil 12’de lisansüstü tezlerde yer verilen dizin dağılımları sunulmuştur. Tezlerin dizininde en fazla “orman köyleri” kavramına yer verildiği görülmüştür. Dizin bilgileri bulunan tezlere bakıldığında; %15,3’ü orman köyleri, %7,6’sı kırsal kalkınma, %5,3’ü ormancılık, %3,8’i tarımsal ormancılık ve %3,1’i sosyal ormancılık kelimesine dizinde yer vermiştir (Şekil 12).



Şekil 12. lisansüstü tezlerde yer verilen dizin “Kelime Bulutu”

Tablo 3'te görüldüğü gibi dizinlerde 56 kelimeye sadece bir kez yer verilmiş olup diğer 17 kelimenin iki ve daha fazla sayıda yer aldığı bulunmuştur. Ayrıca dizinlerde 73 farklı toplam 131 adet kelimenin olduğu ortaya konmuştur.

Tablo 3. Lisansüstü tezlerde dizinde en fazla kullanılan kelime(ler)

Dizin adı	f	Dizin adı	f
Orman köyleri	20	Ormancılık politikaları	3
Kırsal kalkınma	10	Orman kaynakları	2
Ormancılık	7	Ekoturizm	2
Tarımsal ormancılık	5	Batı Akdeniz bölgesi	2
Sosyal ormancılık	4	SWOT analizi	2
Kooperatifler	3	Yozgat	2
Analitik hiyerarşi süreci	3	Ekonomik kalkınma	2
Sosyoekonomik yapı	3	Isparta	2
Orman ekonomisi	3	Diğer	56
Genel toplam			131

3.13. Lisansüstü Tezlerin Hazırlandıkları Ana Bilim Dalları

Lisansüstü tezlerin hazırlandıkları ana bilim dalları Tablo 4’te sunulmuştur. Çalışma kapsamında incelenen 66 tezin 18 farklı üniversite bünyesindeki 7 farklı ana bilim dalında hazırlandıkları ortaya konmuştur.

Tablo 4. Lisansüstü tezlerin hazırlandıkları ana bilim dalları

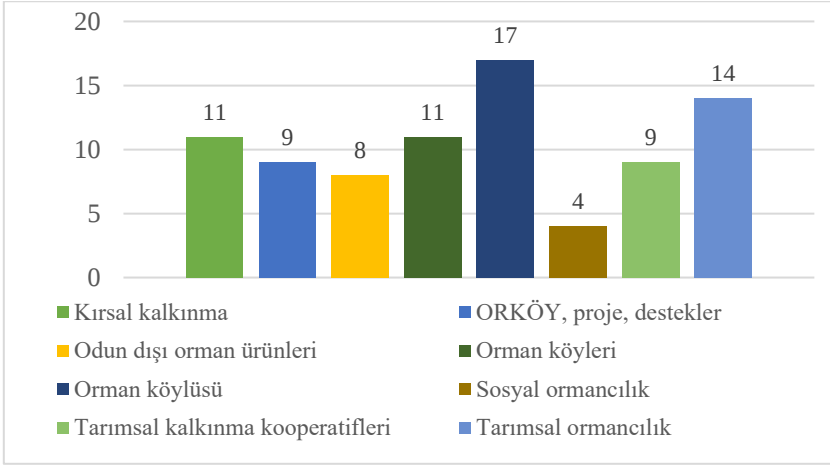
Ana bilim dalı adı	f	%
Doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve planlaması	1	1,5
Ekoturizm rehberliği	1	1,5
Orman mühendisliği	59	89,4
Ormancılık ve çevre bilimleri	2	3,0
Sosyal çevre bilimleri	1	1,5
Uluslararası ticaret	1	1,5
Diğer*	1	1,5
Toplam	66	100

*Yurtdışı enstitü bünyesinde hazırlanan tezde yazılmadığı için ana bilim dalı bulunamamıştır.

Tablo 4’te 18 farklı ana bilim dalında hazırlanan tezlerin %89,4’ünün “Orman mühendisliği” ana bilim dalında yoğunlaştığı görülmüştür. İki tez ormancılık ve çevre bilimleri ana bilim dalında hazırlanmış olup birer adet hazırlanan tezlerin ana bilim dalları doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve planlaması, ekoturizm rehberliği, sosyal çevre bilimleri, uluslararası ticaret ve diğer şeklindedir (Tablo 4).

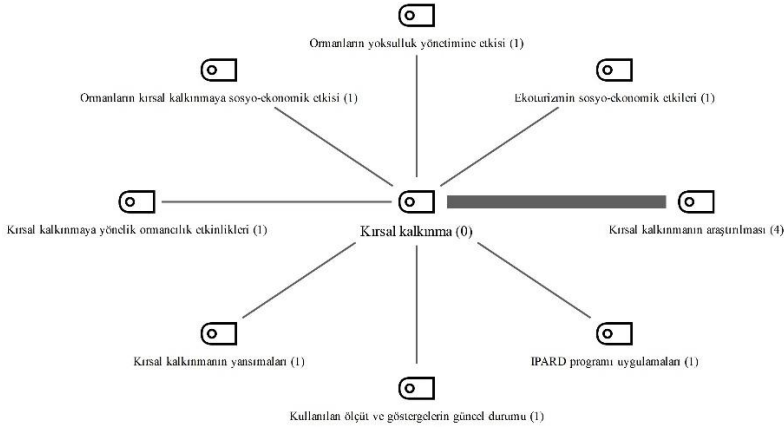
3.13. Lisansüstü Tezlerin İçeriklerine Ait Değerlendirmeler

Lisansüstü tezlerin içeriklerine ait değerlendirmelere Şekil 13’te yer verilmiştir. Tezlerin 8 farklı kategoride sınıflandırıldığı ve toplam 83 tez içeriği dağılımına sahip olduğu bulunmuştur. Tez içeriklerinin azalan sıralamayla; “Orman köylüsü (%20,5)”, “Tarımsal ormancılık (%16,9)” “Kırsal kalkınma (%13,3)”, “Orman köyleri (%13,3)”, “ORKÖY, proje, destekler (%10,8)”, “Tarımsal kalkınma kooperatifleri (%10,8)”, “Odun dışı orman ürünleri (%9,6)”, “Sosyal ormancılık (%4,8)” ağırlıklı olarak hazırlandıkları ortaya konmuştur (Şekil 13).



Şekil 13. Lisansüstü tezlerin içeriklerine ait dağılımlar

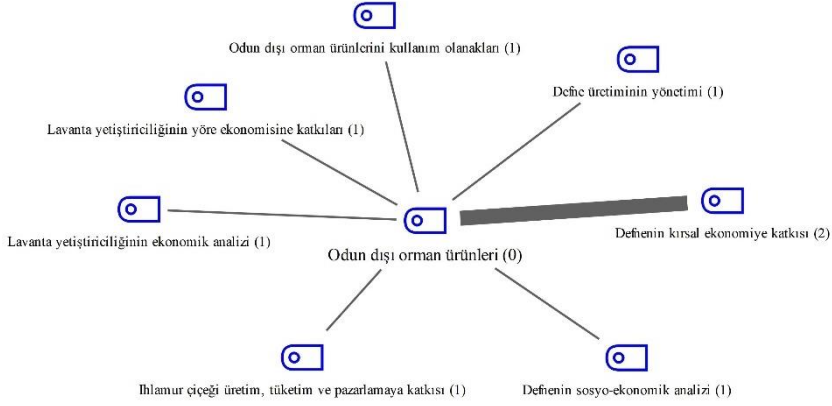
Lisansüstü tezlerin kırsal kalkınma kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 14’te sunulmuştur.



Şekil 14. Tez içeriklerinin “Kırsal Kalkınma” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 14’te görüldüğü gibi kırsal kalkınma kategorisi için “kırsal kalkınmanın araştırılması, ekoturizmin sosyo-ekonomik etkileri, ormanların yoksulluk yönetimine etkisi, ormanların kırsal kalkınmaya sosyo-ekonomik etkisi, kırsal kalkınmaya yönelik ormancılık etkinlikleri, kırsal kalkınmanın yansımaları, kullanılan ölçüt ve göstergelerin güncel durumu, IPARD programı uygulamaları” olmak üzere 8 farklı biçimde 11 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %13,3’lük orana sahip olduğu belirlenmiştir.

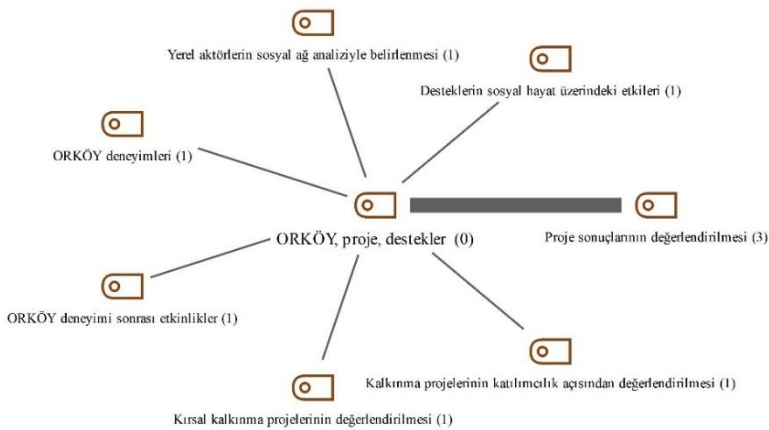
Lisansüstü tezlerin odun dışı orman ürünleri kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 15’te sunulmuştur.



Şekil 15. Tez içeriklerinin “Odun Dışı Orman Ürünleri” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 15’te görüldüğü gibi odun dışı orman ürünleri kategorisi için “*defnenin kırsal ekonomiye katkısı, defne üretiminin yönetimi, odun dışı orman ürünlerini kullanım olanakları, lavanta yetiştiriciliğinin yöre ekonomisine katkıları, lavanta yetiştiriciliğinin ekonomik analizi, ihlamur çiçeği üretim, tüketim ve pazarlamaya katkısı, defnenin sosyo-ekonomik analizi*” olmak üzere 7 farklı biçimde 8 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %9,6’lık orana sahip olduğu belirlenmiştir.

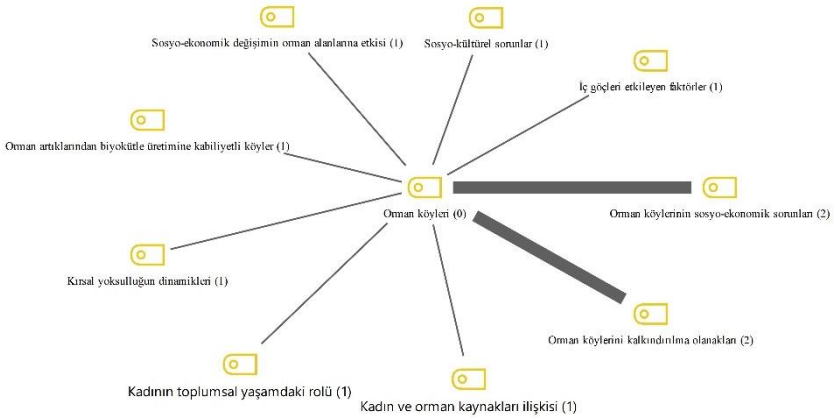
Lisansüstü tezlerin ORKÖY, proje, destekler kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 16’da sunulmuştur.



Şekil 16. Tez içeriklerinin “ORKÖY, Proje, Destekler” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 16’da görüldüğü gibi ORKÖY, proje, destekler kategorisi için “*proje sonuçlarının değerlendirilmesi, desteklerin sosyal hayat üzerindeki etkileri, yerel aktörlerin sosyal ağ analiziyle belirlenmesi, ORKÖY deneyimleri, ORKÖY deneyimi sonrası etkinlikler, kırsal kalkınma projelerinin değerlendirilmesi, kalkınma projelerinin katılımcılık açısından değerlendirilmesi*” olmak üzere 7 farklı biçimde 9 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %10,8’lik orana sahip olduğu belirlenmiştir.

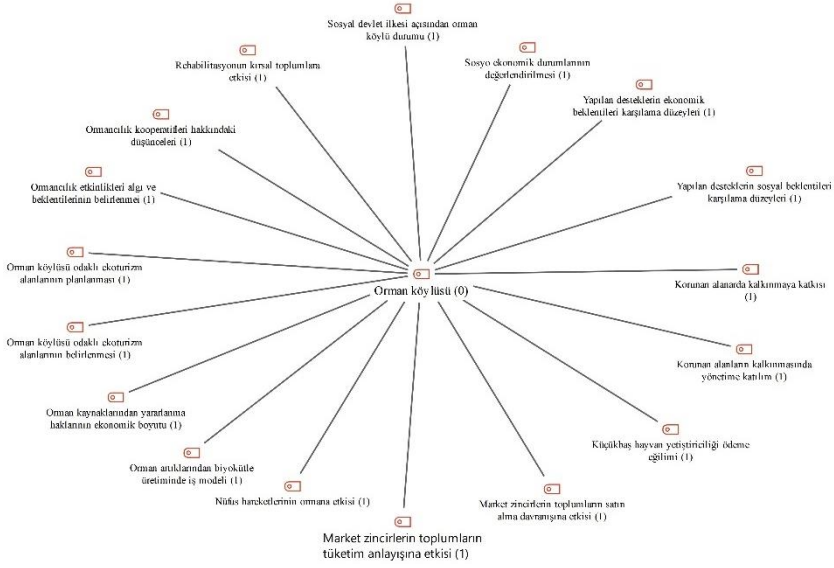
Lisansüstü tezlerin orman köyleri kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 17’de sunulmuştur.



Şekil 17. Tez içeriklerinin “Orman Köyleri” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 17’de görüldüğü gibi orman köyleri kategorisi için “*orman köylerinin sosyo-ekonomik sorunları, iç göçleri etkileyen faktörler, sosyo-kültürel sorunlar, sosyo-ekonomik değişimin orman alanlarına etkisi, orman artıklarından biyokütle üretimine kabiliyetli köyler, kırsal yoksulluğun dinamikleri, kadının toplumsal yaşamdaki rolü, kadın ve orman kaynakları ilişkileri, orman köylerini kalkındırılma olanakları*” olmak üzere 9 farklı biçimde 11 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %13,3’lük orana sahip olduğu belirlenmiştir.

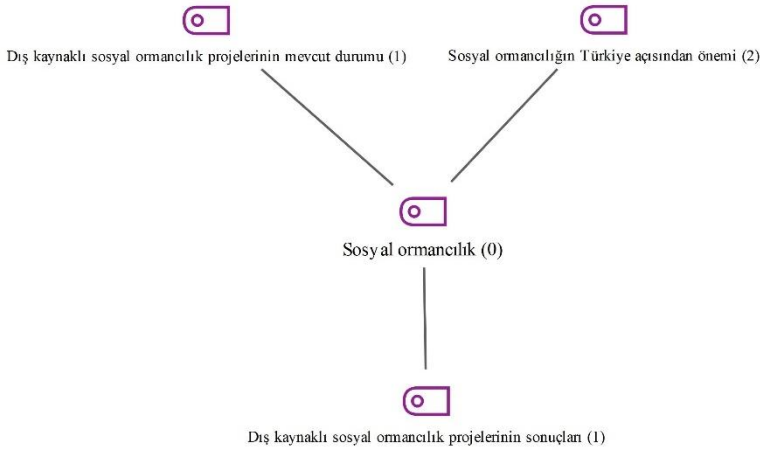
Lisansüstü tezlerin orman köylüsü kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 18’de sunulmuştur.



Şekil 18. Tez içeriklerinin “Orman Köylüsü” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 18’de görüldüğü gibi orman köylüsü kategorisi için “*korunan alanların kalkınmaya katkısı, korunan alanların kalkınmasında yönetime katılım, küçükbaş hayvan yetiştiriciliği ödeme eğilimi, market zincirlerinin toplumların satın alma davranışına etkisi, market zincirlerinin toplumların tüketim anlayışına etkisi, nüfus hareketlerinin ormana etkisi, orman artıklarından biyokütle üretiminde iş modeli, orman kaynaklarından yararlanma haklarının ekonomik boyutu, orman köylüsü odaklı ekoturizm alanlarının belirlenmesi, orman köylüsü odaklı ekoturizm alanlarının planlanması, ormancılık etkinlikleri algı ve beklentilerinin belirlenmesi, ormancılık kooperatifleri hakkındaki düşünceleri, rehabilitasyonun kırsal toplumlara etkisi, sosyal devlet ilkesi açısından orman köylü durumu, sosyo-ekonomik durumlarının değerlendirilmesi, yapılan desteklerin ekonomik beklentileri karşılama düzeyleri, yapılan desteklerin sosyal beklentileri karşılama düzeyleri*” olmak üzere 17 farklı biçimde 17 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %20,5’lik orana sahip olduğu belirlenmiştir.

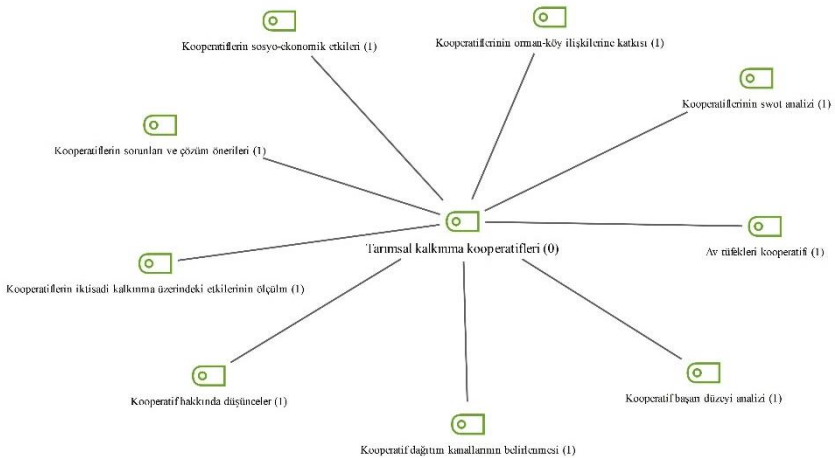
Lisansüstü tezlerin sosyal ormancılık kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 19’da sunulmuştur.



Şekil 19. Tez içeriklerinin “Sosyal Ormancılık” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 19’da görüldüğü gibi sosyal ormancılık kategorisi için “*dış kaynaklı sosyal ormancılık projelerinin mevcut durumu, dış kaynaklı sosyal ormancılık projelerinin sonuçları, sosyal ormancılığın Türkiye açısından önemi*” olmak üzere 3 farklı biçimde 4 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %4,8’lik orana sahip olduğu belirlenmiştir.

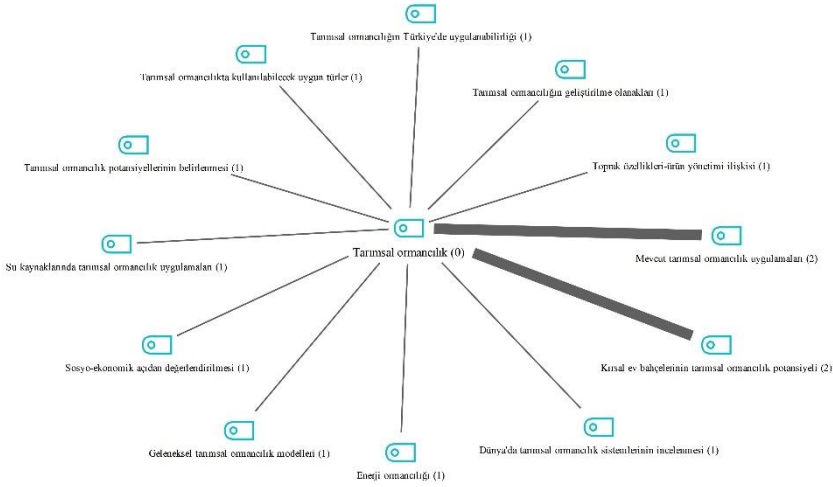
Lisansüstü tezlerin tarımsal kalkınma kooperatifleri kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 20’de sunulmuştur.



Şekil 20. Tez içeriklerinin “Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 20’de görüldüğü gibi tarımsal kalkınma kooperatifleri kategorisi için “*kooperatiflerin sosyo-ekonomik etkileri, kooperatiflerin orman-köy ilişkilerine katkısı, kooperatiflerin SWOT analizi, av tüfekleri kooperatifi, kooperatif başarı düzeyi analizi, kooperatif dağıtım kanallarının analizi, kooperatif hakkında düşünceler, kooperatiflerin iktisadi kalkınma üzerindeki etkilerin ölçülmesi, kooperatiflerin sorunları ve çözüm önerisi*” olmak üzere 9 farklı biçimde 9 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %10,8’lik orana sahip olduğu belirlenmiştir.

Lisansüstü tezlerin tarımsal Ormancılık kategorisinde sınıflandırılan tez içeriklerine ait “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli” Şekil 21’de sunulmuştur.



Şekil 21. Tez içeriklerinin “Tarımsal Ormancılık” için “Kod-Alt kod-Bölümler Modeli”

Şekil 21’de görüldüğü gibi tarımsal ormancılık kategorisi için “*tarımsal ormancılığın Türkiye’de uygulanabilirliği, tarımsal ormancılığın geliştirilme olanakları, toprak özellikleri-ürün yönetimi ilişkisi, mevcut tarımsal ormancılık uygulamaları, kırsal ev bahçelerinin tarımsal ormancılık potansiyeli, Dünya’da tarımsal ormancılık uygulamalarının incelenmesi, enerji ormancılığı, geleneksel tarımsal ormancılık modelleri, sosyo-ekonomik açıdan değerlendirilmesi, su kaynaklarında tarımsal ormancılık uygulamaları, tarımsal ormancılık potansiyellerinin belirlenmesi, tarımsal ormancılıkta kullanılabilecek uygun türler*” olmak üzere 12 farklı biçimde 14 tez içeriği saptanmış olup, bu kategorideki tez içeriklerinin %16,9’luk orana sahip olduğu belirlenmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, ormancılık ve orman mühendisliği mesleki disiplin konusunda, kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık üzerine hazırlanmış toplam 66 lisansüstü tez belirlenen anahtar kelimeler yoluyla elde edilmiş ve bulgular çalışma kapsamında belirlenen farklı parametreler çerçevesi dahilinde değerlendirilerek bibliyometrik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda yüksek lisans tez sayılarının doktora tez sayılarından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu , literatürdeki diğer bibliyometrik çalışmaların çoğunda (Gül ve Gül, 2018; Dağ, 2019; Yıldız ve Coşgun, 2023) ortaya çıkan sonuçları destekler niteliktedir. Ayrıca kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık konuları gerek ulusal gerekse uluslararası platformlarda sıklıkla tartışılan ve sürekli önlemler alınan, öneriler gerçekleştirilen konular olarak canlılığını korumaktadır. Bu bağlamda çalışma konusuyla ilgili yürütülen tez çalışmalarının daha fazla sayıda hazırlanması gerektiği ve özellikle doktora seviyesindeki tez çalışmalarının sayısının artırılması gerektiği açıkça görülmüştür.

Çalışma konusuna en fazla ilgiyi erkek yazarların gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca tezlerdeki akademik danışmanlar cinsiyetlerine göre değerlendirildiğinde %92'sinin erkek olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar cinsiyet kapsamında erkek yazar ve akademik danışmanların kadın yazar ve akademik danışmanlara göre bu alanda daha fazla çalışma yaptıklarını ortaya koymaktadır. Kadın yazarların hazırlayacağı ve kadın akademik danışmanların sorumluluğunda hazırlanacak daha çok çalışma ile literatür daha fazla zenginleşecektir.

Konuyla ilgili ilk çalışmanın 1984 yılında gerçekleştirildiği ve bu tarihten 2024 yılına kadar en fazla tezin 2019 yılında yayımlandığı ortaya çıkmıştır.

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışmalarının hazırlanmasına en fazla katkıyı sağlayan üniversiteler Karadeniz Teknik Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesidir. Tüm tezlerin %62'sinin bu dört üniversite bünyesinde hazırlandığı ortaya konmuştur. Hem yüksek lisans hem de doktora tezlerinin yarısından fazlasına danışmanlık yapan akademisyenlerin Prof. Dr. ünvana sahip oldukları belirlenmiştir.

Tezlerin dörtte üçünün erişime açık olduğu belirlenmiştir. Erişime açık olan tez sayısı arttıkça bu konudaki bilgiler daha fazla sayıda bireye ulaşacak ve bu konudaki farkındalıkları artacaktır. Büyük çoğunluğunun (%95,5) Türkçe yazım dilinde olduğu görülen bu tezlerin %84,8'i Fen bilimleri enstitüsünde hazırlanmıştır.

Çalışma sonucunda tezlerdeki sayfa sayılarının büyük oranda 51-100 sayfa aralığında ve 101-150 sayfa aralıklarında yoğunlaştığı bulunmuştur. Her ne kadar tezlerdeki sayfa sayısı nicel bir ifade olup, kalite ya da doyum anlamında kullanılmamış olsa da ortalama 144 sayfa olarak yazılan yüksek lisans tezlerinin okuyucu kitlesine ulaşmış olması gayet olumlu bir durum olarak görülmelidir.

Çalışmanın en önemli kısıtını anahtar kelime aramalarının aramaların ormancılık ve orman ürünleri mesleki disiplin konusuyla sınırlandırılmış olması oluşturmaktadır. Ancak bu disiplin konusuyla beraber biyoteknoloji, çalışma ekonomisi ve endüstri ilişkileri, enerji, turizm, ziraat, çevre mühendisliği gibi farklı mesleki disiplin konularının da çalışmaya ilgisinin olduğu görülmektedir. Çalışma bulgularına benzer şekilde Dağ (2019) da orman mühendisliği çalışmalarının peyzaj mimarlığı, biyoloji gibi mesleki disiplin kollarıyla yakın çalışmalar içerisinde olduklarının altını çizmiştir.

Kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışmalarıyla ilgili tezlerin dizininde en fazla “orman köyleri” kavramına yer verilmiş olup kırsal kalkınma, ormancılık, tarımsal ormancılık ve sosyal ormancılık kelimeleri de yoğun bir şekilde kullanılan diğer dizin kelimeleri olmuştur.

Lisansüstü tez içeriklerinin 8 farklı kategoride sınıflandırıldığı ve toplam 83 tez içeriği dağılımına sahip olduğu bulunmuştur. Tez içeriklerinin orman köylüsü, tarımsal ormancılık, kırsal kalkınma, orman köyleri, ORKÖY, proje, destekler, tarımsal kalkınma kooperatifleri, odun dışı orman ürünleri ve sosyal ormancılık şeklinde dağılım gösterdiği bulunmuştur.

Çalışmada incelenen 66 tezin 18 farklı üniversite bünyesindeki 7 farklı ana bilim dalında hazırlandığı bulunmuştur. Tezlerin %89,4’ünün “Orman mühendisliği” ana bilim dalında yoğunlaştığı görülmüştür. İki tez ormancılık ve çevre bilimleri ana bilim dalında hazırlanmış olup birer adet hazırlanan tezlerin ana bilim dalları doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve planlaması, ekoturizm rehberliği, sosyal çevre bilimleri, uluslararası ticaret ve diğer şeklindedir.

Bu çalışma, kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışmalarının bibliyometrik analizi sadece belirlenen anahtar kelimelerle, ilgili veri tabanı üzerinden ve seçili parametreler yoluyla elde edilen lisansüstü tezleri kapsamakta olup, tüm bunlar çalışmanın önemli kısıtlarını oluşturmaktadır. İleride gerçekleştirilecek çalışmalarda konunun başkaca veritabanlarından taranması, başka parametrelerin dahil edilmesi ve hatta tezler dışında makale, tebliğ gibi diğer bilimsel çalışmalar üzerinden bibliyometrik analizlerin gerçekleştirilmesi son derece önemli ve gerekli görülmektedir. Sonuçta çalışma ile kırsal kalkınma ve sosyal ormancılık çalışma-

larıyla ilgili araştırmalar gerçekleştirecek bilim insanlarına araştırma eğilimlerinin belirlenmesinin ve mevcut durumun görülmesinin yanı sıra ilerideki çalışmalar için yol göstermesi yoluyla literatüre destek sağlayacak sonuçlara ulaşılmış ve çalışmanın yeni araştırmaları teşvik edeceği öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Ak, M. (2021).** Yönetim ve örgütsel davranışta bibliyometrik analizler. *Nobel Akademik Yayıncılık*, ISBN: 978-625-439-455-3. Ankara.
- Al, U. & Coştur, R. (2007).** Türk Psikoloji Dergisi'nin bibliyometrik profili. *Türk kütüphaneciliği*, 21(2), 142-163. <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~umutal/publications/tpd.pdf>
- Baş, T. & Akturan, U. (2017).** Sosyal bilimlerde bilgisayar destekli nitel araştırma yöntemleri. Güncellenmiş ve Genişletilmiş 3. Baskı, *Seçkin Yayıncılık*, ISBN: 978-975-02-4087-4
- Bulut, O. D., & Kutlar, İ. (2016).** Tarım ve kırsal kalkınmayı destekleme kurumu (TKDK) Projelerinin İncelenmesi: Burdur İli Örneği. *XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, 25-27 Mayıs 2016, 2099-2108, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Dağ, F. (2019).** *Ormancılık alanında yapılmış olan lisansüstü tezler: orman ekonomisi merkezli bir içerik analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Doğan, D. (2020).** Entegre raporlama konusunda YÖKTEZ ve ULAKBİM veri tabanındaki akademik çalışmalar üzerine bir bibliyometrik analiz (2010-2020). *Muhasebe ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 120-142.
- Güçlü, İ. (2021).** Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri teknik-yaklaşım-uygulama. *Nika Yayınevi*, Gözden Geçirilmiş 2. Baskı, ISBN: 978-625-7653-34-3
- Gül, M., & Gül, K. (2018).** Kırsal kalkınma ve kırsal turizm konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik profili. *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*. ISSN: 2146-0078, 8(2), 56-62
- Han, E., & Kaya, A. A. (2006).** Kalkınma Ekonomisi Teori ve Politika. *Nobel Yayınevi*, Beşinci Basım. ISBN: 9944-77-019-1
- Hoştut, S., Sırsat, S., & Arslan, Ö. (2022).** 35 yıllık sosyal sorumluluk araştırmalarının analizi: yüksek lisans ve doktora tezlerinin incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 13(33), 70-86.
- Olgun Susta, G. (2024).** Türkiye'nin kırsal kalkınma belgelerinde yer alan kırsal veriler ve bu verilerin TÜİK veritabanında erişilebilirliği açısından incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 32-45.
- Ongun, U. (2023).** Kırsal turizm ve kırsal kalkınma yayınlarının VOSviewer ile bibliyometrik analizi. *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, 6(2), 79-97, <http://doi.org/10.58636/jtis.1335826>
- Öztürk, O., & Gürler, G. (2021).** Bir literatür incelemesi aracı olarak bibliyometrik analiz. *Nobel Bilimsel Eserler*. 2. Basım, ISBN: 978-625-7363-30-3, E-ISBN: 978-625-7363-31-0. Ankara.

- Piketty, T. (2023).** Yirmibirinci Yüzyılda Kapital. (Çeviren: Hande Koçak). *İş Bankası Yayınları*, Beşinci Basım, Nisan, İstanbul. ISBN: 978-605-332-278-8 (Karton Kapaklı).
- Singhanian, O., Kumar Swain, S., & George, B. (2022).** Interdependence and complementarity between rural development and rural tourism: a bibliometric analysis. *Rural Society*, 31(1), 15-32.
- Taban, S., & Kar, M. (2015).** Kalkınma Ekonomisi. *Ekin Yayınevi*, 2. Baskı, Bursa. ISBN: 978-605-327-218-2
- Tolunay, A. (1998).** Sosyal ormancılık ve Türkiye açısından önemi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tolunay, A. & Akyol A. (2006).** Kalkınma ve kırsal kalkınma: temel kavramlar ve tanımlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 116-127.
- Tolunay, A., & Ekemen, Ö. F. (2023).** Determination of current status of the criteria and indicators used in rural development studies: the case of Isparta villages. *International Scientific and Vocational Journal (ISVOS Journal)*, 7(1), 27-37, DOI: 10.47897/bilmes.1267233
- Yavuz, H. B. (2020).** Kırsal alanlar ve kalkınma. *İKSAD Yayınevi*, 137 s.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021).** Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. *Seçkin Yayıncılık*, ISBN: 978-975-02-6982-0
- Yıldız, D., & Coşgun, U. (2023).** Bibliometric analysis of postgraduate thesis on protected areas in Turkey (1987-2023). *IV-International Rural Areas and Ecology Congress Within The Framework of Sustainable Development (RUDESU)*, October 05-06, 2023 / Girne-Turkish Republic of Northern Cyprus, 285-307.



BÖLÜM 26

Balıklardaki Patojen Mikroorganizmalar Üzerinde Bitki Ekstraktlarının Kombinasyonunun Antimikrobiyal Etkisi

***Ebru Polat Özmen¹ & Nermin Karaton Kuzgun² &
Pınar Erecevit Sönmez³***

¹ Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 0000-0002-8106-8597

² Doç. Dr., Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 0000-0002-8106-8597

³ Doç. Dr., Pertek Meslek Yüksekokulu, Tıbbi sekreterlik Bölümü, 0000-0003-2389-0694

1. GİRİŞ

Dünyamızda 750 bin ile 1 milyon dolaylarında bitki türünün olduğu tahminler arasındadır. Bunların 500 bin civarı tanımlanıp isim verilmiştir (Baytop, 1999). Günümüzde bitkisel ilaç hammaddeleri olan bitkiler, reçete ile satılışa sunulan ilaçların 1/4'ünü teşkil etmektedir. Ülkemizde de çoğu Dünya ülkelerinde olduğu gibi tıbbi bakımından değerli bulunan bitkilerin hastalıkların tedavisi için yüzyıllardan beridir halk arasında kullanılagelmektedir. Bitkilerin üzerinde insan sağlığı açısından ve mikroorganizmalar için öldürücü özellikleri açısından yapılan araştırmalar 1926 yılından beridir laboratuvarlarda gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Son zamanlarda tıbbi amaçla kullanılan bitkilerdeki antimikrobiyal etki hakkında pek çok çalışma yapılmıştır (Kırbağ ve ark. 2005). Tedavi amacıyla kullanılan bitkilerin oranları, antik dönemlerden itibaren devamlı bir artış göstermiştir. Tarih öncesi dönemlerde Yontmataş ve paleolitik dönemlerden buyana (M.Ö 50.000–7000) Anadolu'da yaşamını sürdürmeye devan eden "Anadolu İnsanı" sürekli olarak çevresindeki mevcut bitkilerden faydalanmışlardır. Mezopotamya uygarlığı dönemlerinde tedavide ilaç kullanımı yapılmakta olup, ilaçların da bitkisel droglardan oluşturulduğu belirlenmiştir. Hakkari'de güneyde yer alan Şanidar isimli mağarada belirlenen 5000 yıl öncesine dayanan mezar içerisinde bulunan ve hala bu bölgede tıbbi amaçlar maksadıyla kullanılan bitki numuneleri (*Althaea*, *Centaurea*, *Alchemilia*, *Ephedra* türleri) bu durumda sağlam bir kanıt teşkil etmiştir (Baytop, 1999). Doğal ortamlarda yetişen bu şifalı bitkilere karşı alakanın yüksek oranda olmasının pekçok nedeni mevcuttur. Bunlardan birinci önemli neden, sentetik kaynaklı ilaçlar insan vücudunda beklenmedik ve istenmeyen pek çok yan etki oluşturmaktadır, diğer çok önemli bir neden de bitkisel droglar çok fazla etkili olurken sentetik droglar genelde tek bir etkiye sahip olabilmektedir. Ancak bitkisel ilaçların eski tarihlerden beridir kullanılagelmesinden dolayı onların yan etkisinin daha iyi belirlenmesine kolaylık getirmiştir (Duman Aydın, 2008). Yakın tarihlerde, antibiyotiklere karşı direnç gösteren mikroorganizmalardan kaynaklı enfeksiyon risklerinin artışı ile hem yeni ve hemde doğal antimikrobiyal maddelere olan ilgiyi daha da arttırmıştır. Bunun aksine, ilk olarak sentetik yapıdaki materyaller olmak üzere, gıdalara koruyucu amaçlarla ilave edilen pek çok katkı maddesinin, konuya karşı hassasiyet gösteren tüketicilerde ileriye yönelik endişeler oluşturmaları sonucu “organik tarım” ve “organik gıda” gibi terimlerinin de beraberinde getirmiştir. Bilinçli tüketicilerin, gıda tüketiminde oluşan bu beklenti, mevcut alanda hizmet veren kuruluşlar doğal koruyucuları bu anlamda kullanmaya teşvik etmenin de ötesinde, zorlayacak hale gelmesine neden olmuştur. Yaşamımızda bitki kökenli ilaç hammaddeleri hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçların önemli bir oranını teşkil etmektedir. Son zamanlarda artan

hastalıklara karşı sentetik kaynaklı terapötik materyallerin yetersiz olması ve yan etkilerinin belirlenmesi ile doğal ürünlerdeki kullanıma zorunluluğunu yükseltmiştir ve bu sebepten dolayı bitki kimyasal yapısı, farmakolojik, mikrobiyolojik yönlerden ve biyolojik savaşın önemli olduğu son zamanlarda bitki etki mekanizması açısından da çok yönlü araştırılmaktadır (Kalaycıoğlu ve Öner, 1994).

Çoğu ülkede bilim adamları birçok tıbbi açıdan değerli bitkileri tanımlamışlar ve bu bitkisel drogların birçoğunun etkileri üzerine bilimsel çalışmalar yapmışlardır. Yakın zamanlarda baharatların maya, bakterileri ve mantarları inhibe ettiği doğrulanmıştır. Baharatlardaki antimikrobiyal özellik geniş oranda çeşitlilik göstermekte olup ve baharat ile beraber, bitkinin ve mikroorganizmaların türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Ertürk ve Demirbağ 2003; Toroğlu ve Cemet 2006).

Küfler gıdalarda oluşturdukları çeşitli olumsuz veya olumlu farklılıklar sebebiyle hem sağlık, hemde endüstri açısından önem arz etmektedir. Küflerin ilk metabolitleri olan enzimlerle yağ, karbonhidratlar ve protein küçük moleküllere indirgenirken, ortamda yeni komponentler de sentezlenmektedir. Bunun yanı sıra, endüstriyel açılardaki mikrobiyoloji de asit sitrik asit gibi organik asitler, bazı enzimler, antibiyotik ve pigment üretimi için de küflerden faydalanılmaktadır. Küfler, farklı biyoaktif metabolitlerle tıp alanı açısından önem taşıyan mikroorganizmalar içerisindedir. Gıdalardaki olumsuz etkileri ise renk değişimleri, acı tat, istenmeyen koku oluşumu ile dıştan görülebilen değişimler sonucu, besin komponentleri kaybı ve mikotoksin oluşumu ile sonuçlanır. Kalite kaybı ve bundan dolayı ekonomik zararlarda da oluşum gösteren küfler, aynı zamanda gıdalarda kalite kontrolünde olası bir riski tespit etmek için araştırılan indikatör organizmalardandır (Topal ve ark. 2004).

Doğali olarak yetişen bazı bitkilerin ekstraktlarının veya uçucu yağlarının bakteriler üzerinde antimikrobiyal aktivite gösterdiği yapılan pek çok çalışmada belirlenmiştir. Bitkiler ya da bitkisel droglardan, su yada su buharı distilasyonu ile elde edilen, uçucu yağlar, kuvvetli kokulu, normal koşullarda sıvı ve bazen donabilen uçucu yağimsı komponentlerdir (Toroğlu ve Cemet, 2006).

Uçucu yağlar, farklı bileşenleri içeriğinde bulunduran komplike bileşikler oldukları için biyolojik özellikleri yönünden de değişim gösterirler. Etki derecesi içeriğindeki etken maddelerin özelliğine bağlı olarak farklılık gösteren çoğu uçucu yağın, antimikrobiyal özelliğinin olduğu tespit edilmiştir (Toroğlu ve Cemet, 2006).

Dünyada gıda kökenli hastalıklar önem arz eden bir problem teşkil etmeye devam etmekte ve gıda zehirlenmeleri, koruyucu önlemler alınmasına karşın hala

hem tüketiciler için hem de gıda endüstrisinde tehdit unsuru olmaktadır. Buna karşın tüketiciler, koruyucu eklenmiş gıdalardaki güvenlik konusunda endişeleri mevcuttur. Bu nedenle, gıda kökenli hastalık olaylarının azımsanması için daha etkili ve daha yeni tekniklere ilgi dahada artmaktadır. Yapılan araştırmaların sonucunda, bitki gibi doğal yapılardan elde edilen antimikrobiyal materyallerin daha güvenilir bir gıda üretimine katkıda bulunduğu altı çizilmektedir (Alzokery ve Nakahara, 2003; Koyuncu ve ark. 2008)

2. BALIKLARDA BULUNAN GIDA KAYNAKLI PATOJEN BAKTERİLER

İnsanlarda, hayvanlarda ve bitkilerde hastalık oluşturan bakteriler patojen bakteriler olarak tanımlanmaktadır. İnsanlarda gıda intoksikasyonlarına ve enfeksiyonlarına neden olan virüs, fungus ve bakteri türlerindeki sayı yaklaşık 50 dolaylarında olduğu ve bunlar arasında en yaygın olanını bakteriler olduğu bilinen bir gerçektir. Patojen bakterilerin oluşturduğu gıda intoksikasyonları ve enfeksiyonları bütün dünyada önemli bir halk sağlığı problemi olarak önemini korur. WHO yani Dünya sağlık örgütü, dünyada yaklaşık olarak yıllık 1.5 milyar diare vakasının görüldüğünü, 5 yaşın altındaki çocuklarda 3 milyondan fazlasında ölüm gerçekleştiği ve bu olayların önemli bir bölümünün mikrobiyal patojenler tarafından kontamine edilen gıda tüketiminden kaynaklandığını tahminler arasındadır. Epidemiyolojik çalışmalar ile veri tabanı iyi gelişmiş ülkelerde gıda kaynaklı hastalıklarda ciddi ekonomik kayıplara sebep olduğu da bilinmektedir (Erol, 2007).

Bakteriyel patojen kaynaklı hastalıklar gıda enfeksiyonları ve intoksikasyonları olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Gıda enfeksiyonları mikroorganizmalar gıdalarla (*Salmonella*, *Campylobacter* vb.) alınması ve bunların gastrointestinal sisteme ulaşması sonucu meydana gelmektedir. Buna karşın gıda intoksikasyonları, toksin oluşturan mikroorganizmaların gıdadaki üremeleri sonucu toksinlerini-ekzotoksin gıdaya salgılamaları ile, gıda ile alınan toksinlerin miktarına bağlı olarak zehirlenme olur. Bu nedenle intoksikasyonlarda canlı mikroorganizmanın gıda ile alınmasının bir önemi yoktur (Erol, 2007).

Gıda enfeksiyon ve intoksikasyonlarının oluşumları ve seyirleri; patojen mikroorganizmaların toksinleri ve yüzey proteinleri gibi virülens faktörleri; yaş diyet, beslenme, diğer hastalıkların varlığı, immun sistemin baskılanmış olması gibi bireysel faktörler ile gıdanın yapısı ve kompozisyonuna bağlı olarak değişir (Erol, 2007).

2.1. *Clostridium botulinum*

Botulismus; spor oluşturma özelliğindeki anaerob bir bakteri olan *Clostridium botulinum*'un vejetatif formu tarafından oluşturulan sinir sisteminde etkili nöro paaralitik toksinlerin (botulinum neurotoxin ve botulin) alınmasıyla meydana gelen ve yüksek ölüm oranına sahip bir intoksikasyonlar arasında sayılabilir. Toksin gıdada oluşturulur ve daha sonra ince bağırsakda emilir sonrasında kan dolaşımı aracılığıyla emilir, taşınma işlemigerçekleşir ve sonunda sinir sistemi tarafından emilirler. Toksinler sinir sistemi üzerinde etkisi olduğun için nörotoksik olarak adlandırılır ve oral yolla alınan toksik A insanlarda letal dozu 0.1-1.0 µg olduğu ve 1g toksinin milyonlarca insanı öldürebilecek kapasiteye sahip olduğu bilinmektedir. Diğer taraftan sıkıştırılmış botulin toksinleri medikal olarak yüz felci sonucu oluşan bazı nörolojik hastalıklarda tedavide ve terlemeyi önlemek için, ek olarak estetik amaçlı kullanılabilir. 25-35 °C arasında üreme gösterir ve kanlı agarda (At kanı) koloni etrafında hemoliz yapar. Etkenin 8 toksin tipi bulunur. Gram pozitif ve çomak-oval şekile sahiptir. Genelde subterminal yerleşim gösteren spor formu hareketli, kapsülsüz, Anaerobik, Taze kültürlerde Gram pozitif, Eski kültürlerde Gram negatif özellik gösterebilmektedir (Erol, 2007).

2.2. *Clostridium perfringens*

Önceki isimi *C. welchii* olan *Clostridium* cinsine mensup hareketsiz, anaerobik, gram pozitif, laktozu fermente etme özelliğine sahip çubuk şeklinde, spor oluşturan, katalaz negatif, H₂S oluşturan, patojen bir bakteri türüdür. *C. perfringens* doğada yaygın bir şekilde bulunur ve deniz tortusunda, çürüyen bitki örtüsünde, böceklerde ve toprakta insanlar ve diğer omurgalılarda bağırsaklarda, normal olarak bulunabilmektedir. *C. Perfringens* ölümden sonraki aşamalarda vücutta gaz oluşumu üzerinde etkisi bulunmaktadır. *C. perfringens*, ile beraber gıda zehirlenmelerinde en yaygın nedenlerden biridir. Ancak, vücuda ağız vasıtasıyla her girişi ile gıda zehirlenmesine sebep olmayabilmektedir (Erol, 2007). İnsanlar için gıda zehirlenmesine sebep olan bakteri *C. perfringens* enterotoksin üretebilen tip A suşudur. CPE, sporulasyonun başında biriken ve sporulasyon sonunda spor parçalandığında zaman ortama bırakılan 35.5 kDa boyutlarında bir polipeptittir ve A tipi suşlar % 5'inden daha azında bulunmaktadır. Ayrıca kromozomda yada eksternal plasmidlerde yer alabilen CPE geni ile kodlanmaktadır (Labbe ve Juneja, 2017)

C. perfringens yemek pişirme ısılarına dirençli spora sahip oluşturduğun için, pişmiş haldeki yemekler uzun süre bekletme yapılırsa, sporlar aktif hale geçebilir ve ayrıca enfektif bakterilerde üreme olabilir. Semptomlarda tipik olarak ishal, abdominal kramp, ateş ve kusma bulunur. Tüm bu belirtilerin genellikle 24

saat içerisinde normale dönmesi beklenir, ancak daha hasta ve yaşlı kişilerde 2 hafta kadar devam edebilir. *C. perfringens* değişik tipteki Toksinlerin üremesine karşı gıda enfeksiyonu oluşumundan *C. perfringens* betatoksin ve enterotoksini sorumlu tutulur. Bu toksin bağırak epitel hücrelerine zarar vererek etkisini göstermektedir ve ısıya duyarlı toksinler olup 60°C de 5 dk da inhibe olurlar. *C. perfringens* başlıca insan ve evcil hayvanların bağırsak florasında bulunur. Gıdalaya bulaşmasıyla o gıdanın fekal toz, kalıntılar, kanatlı ve toprak ile temas ettiğini vurgular. Etken daha çok proteince zengin olan kırmızı et, balık eti, kanatlı eti olmak üzere soslar ve kuru çorba çoğu gıdalarda bulunabilir (Erol, 2007).

2.3. *Bacillus cereus*

Bacillus soyunda yer alan bakteriler, başlıca toprak olmak üzere diğer çevresel kaynaklarda da bulunurlar. Güç çevresel koşullarda oluşturdukları endosporları ile ısı, soğuk, tuz gibi olumsuz koşullara yüksek dirençlilik göstererek canlılıklarını devam ettirirler. *B. cereus* toprakta bulunması nedeniyle başlıca bitkisel gıdaları kontamine etmekte, ancak et, yumurta ve süt ürünlerinde de sıklıkla bulunmaktadır. *Bacillus cereus* dışında *Bacillus subtilis* ve *Bacillus licheniformis*'de gıda enfeksiyonları ile ilişkilendirmekte ancak bu türlere ilişkin kesin epidemiyolojik kanıtlar bulunmamaktadır. *Bacillus subtilis* ve *Bacillus licheniformis*'ten kaynaklanan olgularda, inkübasyon süresi ortalama 2.5-8 saat olup, bulantı, diyare ve abdominal ağrı semptomları görülür. Şüphe oluşturan gıdalar arasında et, pirinç ve kanatlı eti yer alır. Minimal inf. Dozu 106-108 kob/g arasındadır. *Bacillaceae* familyasında Gram pozitif, endospor oluşturan, aerob, 2-6 µm uzunluğunda ve 0.8-1.2 µm genişliğinde, Peritrik flagellasından dolayı hareketli, lesitinaz ve katalaz pozitifdir. *B. cereus* fakültatif anaerob olarak da iyi üreme özelliğine sahiptir. Sporları eliptik formlu ve merkezde yer alır. Psikrotrofik suşlar özellikle ısıl işlem görmüş sonrasında buzdolabı koşullarında muhafaza edilen ve uzun raf ömrüne sahip gıdalarda risk teşkil etmektedir. Toksin sentezi 18-44 C'ler arasında olmaktadır. Optimal pH değeri 6.0-7.0 olup, pH 4.9-9.3 arasında üremektedir. Minimal aw değeri 0.91-0.93 arasındadır ve *Bacillus cereus* %7.5 oranında tuzu tolere edebilir ve ayrıca rekabetçi özelliği zayıf olan bir bakteridir. *B. cereus* toksinleri vejetatif hücreler tarafından oluşturulur. *B. cereus*, oluşturduğu 2 farklı tip enterotoksin ile, iki tip gıda zehirlenmesi sendromu oluşturur. Bunlardan;

1-Diyarel sendrom'a neden olan toksin ısıya duyarlı (55 C'de 20 dakikada yıkımlanma) bir proteindir. Bu toksin aynı zamanda tripsin, pepsin gibi proteolitik enzimlere de duyarlıdır. pH 4-11 arasında stabildir. Toksinler ekspanensiyal üreme fazının sonlarında oluşturulur.

2) Emetik sendrom-'a neden olan toksin ısıya (126 C'de 90 dakika)-tripsin, pepsin vb. proteolitik enzimlere ve çok geniş pH spektrumuna (2-11) dirençlidir. Bu toksin de eksponensiyal üreme fazının sonu ile durgunluk fazının başlangıcında oluşturur. Emetik toksinler optimal 25-30 C'de oluşturulur. Etkenin spor formları serotipe bağlı olarak ısıya değişken dirençlilik gösterir. Sporlar hidrofobik yapıda olduklarından değişik tip gıdaların yüzeyine tutunabilmekte ve temizleme sırasında uzaklaştırılması güçleşmektedir. Sporların fosfat buffer içinde D95 C değeri 1-36 dakika arasında değişirken, 100°C'de 5-30 dakikada inaktive olurlar. Isı uygulaması sporların germinasyonuna neden olur ve ortamda rekabetçi floranın bulunmaması durumunda *B. cereus* iyi gelişir. *Bacillus cereus* başta toprak olmak üzere doğada yaygın olarak bulunmakta ve çeşitli gıdalardan izole edilmektedir. Buna bağlı olarak çiğ bitkisel gıdalar etkenin asıl kaynağını oluştururlar. *B. cereus* –hububatta, baharatta, diğer bitkisel ürünlerde ve kuru gıdalarda, ayrıca zemin ile temas eden et (kırmızı, kanatlı, balık), süt, yumurta ve ürünlerinde bulunur. Süt özellikle sağım hijyenine özen gösterilmediği durumlarda kolayca kontamine olur. Etkin kontrol önlemleri, sporların germinasyonunun kontrol altına alınması tüketime hazır ve pişmiş gıdalarda vejetatif hücrelerin çoğalmasını önlenmektedir. Genel olarak; Yeterli pişirme uygulanmalı, sıcakta tutulacak gıdalar 60°C'nin üstünde tutulmalı, bunu takiben, 7° C'nin altında soğuk muhafazaya alınmalı ve servis öncesi yeniden yeterince ısıtılmalıdır (Erol, 2007).

2.4. *Enterococcus*

Enterococların çoğu dondurma işlemine karşı direnç gösterir. Donmuş ürünlerdeki fekal kirlenme indikatörü olarak kabul edilir. Diğer açıdan fermente süt ve et ürünleri de enterococlar değişik oranlarda bulunmakta ve bu ürünlere enterokoklar hijyenik açıdan sorun oluşturmaktadırlar. Gıda kaynaklı bazı enterococlar oluşturdukları bakteriosinler ile birlikte (enterosin, bakteriosin, sitosil) *listeria* 'lara karşı etki göstermektedirler (Erol, 2007). 1984 yılı öncesinde, *Streptococcus* cinsi içinde bulunan, Lancefield serolojik D grubu kokların bazılarından oluşan bu cins, fekal streptokok grubunu ifade etmektedir. Str. Faecalis ve Streptococcus faecium türleri ile beraber Str. Faecalis subsp. Zymogenes, Str. faecalis subsp. liquefaciens ve Str. faecium subsp. casseliflavus alt türlerini de içermektedir. Yeni literatürlerde Enterococcus cinsi altında toplanan tür sayısı 16 olup bunlar; *E. malodoratus* *E. saccharolyticus*, *E. casseliflavus*, *E. avium*, *E. cecorum*, *E. dispar*, *E. durans*, *E. faecalis*, *E. gallinarum*, *E. mundtii*, *E. hiraе*, *E. faecium*, *E. raffinosus*, *E. seriolicida*, *E. pseudoavium* ve *E. solitarius* 'dur. Enterokoklar grubu bakteriler hemen her yerde ve her zaman bulunabilirler. Gıdalarda da yüksek miktarlarda bulunan bu bakteriler, probiyotik karakteri, bakteriyosin

üretimi, süt endüstrisinde kullanılabilirliği gibi pek çok önemli olan biyoteknolojik yetenekleri olmasına rağmen, onların gıda kökenli patojen olarak kabul edilip edilmeyeceği üzerinde fikir birliği bulunmamaktadır. Fakat son yayınlar *E. faecalis* gibi ve diğer laktik asit bakterilerin den bazı türlerin klinik enfeksiyonlara sebep olduğu belirtilmektedir. Enterokokların gıda teknolojisi açısından özel yeteneklerinin olduğu düşünülmez. *E. faecalis* opportunistik patojenler arasındadır. Bunun haricinde genelde gıdalarda bulunması istenmemektedir. Bununla yanında *E. faecalis* ve *E. faecium* preparasyonları probiyotikler olarak kullanılır. Çoğunlukla yararlı özellikler taşıyabiliyorken teknik olarak patojen özellikler de gösterebilirler. Bu organizmalar doğal süt üretiminde starter kültür olarak kullanılırken, diğer yandan da bazı süt ürünleri içerisinde enterokokların fekal kökenli olanları hakkındaki kuvvetli bir soru işareti vardır ve fermente gıdalardan elde edilen enterokokların potansiyel veya araştırılan patojenitelerinde, hayvan kullanılan sistemlerinde daha detaylı araştırmalara gereksinim duyulmaktadır (Halkman, 2005).

2.5. *Vibrio vulnificus*

Fekal kirlenme etkeni olmayan ve deniz suyu ile başta istiridye olmak üzere kabuklu deniz ürünlerinde bulunan, özellikle karaciğerde fonksiyon bozukluğuna sahip veya immün supresif insanlarda yüksek mortalite, primer septisemi, gastroenterit ve yara enfeksiyonlarına sebep olan invaziv özellikli bir bakteridir. Patojenitede bakterinin kapsüllenmesini sağlayan polisakkarit kapsüller yapının asıl rolünü oluşturmaktadır. Yengeç, midye veya istiridyeleri temizlerken veya hazırlarken oluşan yaralarda yada deride bulunan lezyonlar vasıtasıyla kontamine deniz suyundan etkenlerin alınması sonucu şekillenir (Erol, 2007).

2.6. *Salmonella*

Salmonellalar kısa küçük çomaklar tarzında, Gram negatif 0.7-1.5 x 2.0-5.0 µm'dir. Boyalı preparatlar da ise genelde tek tek görülürler ve ayrıca hem kapsülsüzdür hemde sporsuzdurlar. *S. gallinarum* ve *S. pullorum* haricinde olanlar hareketlidir. Genel besi yerinde rahatlıkla üreme yaparlar. 37 °C de (24-48 saatte) yuvarlak ve küçük S tipinde koloniler oluştururlar. Buyyonda hafif ve homojen bulanıklıklar yaparlar. Biyokimyasal olarak aktiviteleri yüksek orandadır. *Salmonella* izolasyonunda kullanılan besi yerlerinin içeriği, iki önemli özelliğini ortaya koyma esasına dayanır. Bu özellikten ilk olanı H₂S meydana getirmeleri ve laktozu fermente edememesi olup *E. coli* 'den ayırımında kullanılan testdir. MacConkey agar ile renksiz koloni oluşturarak, Brilliant Green agar da yapılan ekimde pembe renkli koloniler meydana getirirler. Son zamanlarda propylen glycol'den

asit meydana getirmesi ile Rambach besi yerinden de faydalanılmaktadır. Salmonellalar üreye etki etmezler. Sitrati etkiler, Lizin dekarboksilaz jelatini eritirler, Metil red pozitif Voges proskauer ile indol testlerinde negatif etki gösterirler. Septisemi, atık oluşturan hayvanlardan alınan organlardan izole etmek kolay olmasına rağmen yem veya dışkı gibi maddelerdeki etkenin aranmasıyla zenginleştirme yöntemleri kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple selenit F buyyon, tetrathionatlı buyyon gibi besiyerlerinden faydalanılır. *Salmonella* etkenlerinin antijenik yapıları, özellikle identifikasyonda gerekli olduğu için, şimdiye kadar yapılan araştırmalarda 2200 *Salmonella* serotipi tespit edilmiştir. Salmonellalarda ayırında H, O, Vi gibi antijenik özelliklerden yararlanılır. Salmonellalar sitotoksin, enterotoksin ve endotoksin sentez yaparlar. Salmonellalara spesifik O-1 faji identifikasyonunda güvenli bir şekilde kullanılır. *Salmonella*'lar ısıya dirençli değildir. 55 °C de 20 dakikada tahrip olur. Düşük ısıya karşı direnç gösterir. Antibiyotik ve antiseptiklere karşı duyarlıdır. (Halkman, 2005).

2.7. *Staphylococcus aureus*

Küre şekilli, Gram pozitif, fakültatif anaerob, sporsuz, 0.5-1.5 µm çapında, olan Stafilokoklar genelde kapsülsüz bakterilerdendir. 30-37°C Optimal üreme sıcaklıklarıdır. Anilin boylarıyla boyanırlar ve bu cinse has bir özellik olan kümeler oluşturarak üzüm salkımı şeklinde büyüme yaparlar. Stafilokoklardaki bu görünüş daha çok katı kültürlerde oluşturulan preparatlarında karşılaşırlar. Sıvı besiyerlerinde hazırlanan preparatlar kümeler pek fazla rastlanılmaz. Dağıtım yoluya hazırlanan preparatların görünüşünde küçük kümeler-kısa zincirler şeklindedir ve ikişer ikişer ayad tek tek gözüktürler. Katı besi yerlerinde ise stafilokoklar 24-48 saat de bol oranlarda üreme gösterirler, genelde 1-2 mm çap ile konveks, yuvarlak ve parlak olan koloniler oluştururlar. Kolonilerde hemoliz ve pigment görülebilir (özellikle patojen olan *S. aureus* 'ta). Kolonilerdeki renkler limon sarısı ile beyaz arasında farklılık göstermektedir. MacConkey agar ile üreme yeteneği de gösterirler. Patojen özellikli stafilokoklar kültürde +4°C'de 2-3 ay, -20°C'de 3-6 ay canlılıklarını sürdürebilirler. Buna rağmen 60°C'ye 30 dk kalabilirler. Bazı *Staphylococcus* türleri in vitro şartlarında kapsül meydana getirirler. *S. aureus* 'larda hücre duvarında bulunan ve teşhisinde önemli bir rolü olan Protein-A maddesini bulundurmaktadır. Peptidoglikan düzeyinde ve kovalent bağlar ile bağlanmış olan bu maddeyle, bakteri fagositoza karşı olarak korunur ve hücre duvarındaki bir diğer madde de peptidoglikandır. *Stafilokoklar* enterotoksin üretebilirler ve bazı *S. epidermidis* ve *S. aureus* suşları enterotoksin üretme yeteneği olduğu tespit edilmiştir. Serolojik olarak A, B, C, D ve E harfleri ile ifade edilen 5 gruba ayrılmaktadırlar. Stafilokoklar çeşitli enzimlere sahiptirler bunlardan ka-

talaz enzimi tüm stafilokoklarda mevcuttur. Koagulaz enzimi bir patojenite kriteri olarak bilinir ve *Staphylococcus* türleri koagulaz pozitif ve negatif olarak ikiye ayrılır (Halkman, 2005).

3. ANTİMİKROBİYAL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN BAZI ESANSİYEL YAĞLAR

3.1. *Allium sativum* L.

Yapısında bulundurduğu alliin, izoalliin, metiin gibi organosülfür bileşikler, Nenzimler, nikotinik asit ve lignanlar sayesinde dış çürümelerine sebep olan mikroorganizmalar üzerinde etkilidir. Taze ve toz şeklinde olan sarımsak (*Allium sativum*) bitkisinin gümüş sazanı depolanması üzerinde antimikrobiyal ve antioksidant bakımından faydalı ve koruyucu etkilerinin olduğu çalışmalar ile belirtilmiştir (Frank ve ark., 2014).

3.2. *Syzygium aromaticum* L.

Myrtaceae familyasında bulunan *Syzygium aromaticum* (Karanfil) çiçek tohumcuklarıyla elde edilen uçucu yağ içeriğinde yüksek oranlarda öjenol ve öjenil asetat bulunur. Bunun haricinde flavonoidler ve tanen de mevcuttur (Göztürk, 2017). Karanfil esansiyel yağları, esas olarak bakteriyel biyofilm oluşumunu engelleme yeteneklerine atfedilen antimikrobiyal aktiviteler sergiler ve bu nedenle çoklu ilaca dirençli bakterilere karşı antibiyotiklerle birlikte kullanılmak üzere doğal bir alternatif olarak önerilmiştir. Yapılan bir çalışmada kitosan ve karanfil esansiyel yağlarının kombinasyonu, donmuş tambaqui filetoalarının kimyasal ve mikrobiyal bozulmasını 120 gün boyunca önleyebildiği tespit edilmiştir (Huang ve ark., 2021).

3.3. *Mentha piperita* L.

Tıbbi açıdan nane olarak bilinen *Mentha piperita* (Lamiaceae) uçucu yağında bulunan limonen, mentol, 1,8-sineol, menton gibi uçucu bileşikler sebebiyle gösterdiği antimikrobiyal aktivitesinden dolayı diş ve ağız hastalıklarına sebep olan mikroorganizmalara karşı etkindir (Vural, 2014). Nane (*Mentha arvensis*) yaprağı ve narenciye (*Citrus aurantium*) kabuğu ekstraktlarının soğukta depolanmış Hint uskumrunun raf ömrünü uzatmak için doğal koruyucular olarak etkinliğinin olduğu yapılan bir çalışmada tespit edilmiştir (Viji ve ark., 2015; Öztürk, 2017).

3.4. *Coriandrum sativum* L.

Kişniş (*Coriandrum sativum* L.) çok eskiden itibaren alternatif tıpta ve baharat olarak gıdalarda kullanılan bir bitkidir. Günümüzde ise gıda, tıp, parfüm sanayinde geniş çaptaki kullanım alanıyla yer tutmaktadır (Beyzi ve Gürbüz, 2010).

Yapılan bir çalışmada kişniş esansiyel yağları ile muamele edilmiş gökkuşığı alabalığı fileto örneklerinin $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki raf ömrü boyunca duyusal, mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri yağların koruyucu etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Karaton Kuzgun ve ark., 2020).

3.5. Zencefil (*Zingiber officinale*)

Zingiberaceae ailesinde bulunan Zencefil (*Zingiber officinale*), antik dönemlerden bu yana bilinen baharat ve tıbbi bir bitki olarak kullanılmaya devam edilen, dünya çapında sevilerek tüketilen bir baharat türüdür. Zencefil, Cardio koruyucu aktivitesi, Antienflamatuar aktivite, Antimikrobiyal aktivite, Nöron koruyucu aktivite, Antiproliferatif aktivite, ve Antioksidan özelliği tespit edilmiştir (Uysal Bayar, 2020). Zencefil (*Zingiber officinale*) esansiyel yağı güvenli olarak kabul edildiği ve sazan balığının (*Cyprinus carpio*) saklama ömrünü uzattığı ve koruyucu etkilerinin olduğu yapılan çalışma ile tespit edilmiştir.

3.6. Origanum vulgare

Yaygın olarak kekik olarak bilinen *Origanum vulgare* L. (*Lamiaceae*), Akdeniz bölgesinin tamamında ve ayrıca Avrupa-Sibiry ve İran-Turan bölgelerinin çoğunda bulunan cinsin en değişken türü olarak kabul edilir (Soltani ve ark., 2021). *O. vulgare* antik çağlardan beri toplanmıştır, sevilerek tüketilen tadı ve tercih edilen tıbbi özellikleri ile geleneksel yemeklerde kullanılır ve konvülsif öksürük, soğuk algınlığı ve astım gibi çeşitli solunum yolu şikayetleri, romatoid artrit gibi çeşitli şikayetleri gidermek için kullanılır (Teixeria ve ark., 2013).

4. FİTOBİYOTİKLER-BİTKİ EKSTRAKTARI VE ESANSİYEL YAĞLAR

4.1. Fitobiyotikler (herbal ürünler, aromatik ürünler)

Baharatlı ve aromatik bitkilerden elde edilen bitki özüdür. Bu baharatlar ve bitki özü gıdanın bozulmasını engellemek, sindirimi kolaylaştırabilmek ve hastalıkların tedavisinde kullanmak için yıllardır kullanılmaktadır (Ergün ve ark., 2016)

- **Ekstraksiyon:** Su, organik çözücüler ve alkol kullanılmak suretiyle bitkisel, hayvansal veya sentetik maddelerde, saflaştırılması işlemleri ve bileşenlerine ayrılması gibi amaçlarla belirli sıcaklık ve basınçta gerçekleştirilen bir analizdir.

- **Farmasötik Amaçlı Ekstraksiyon:** Bir çözücü aracılığıyla drogların özünü ayırmaya veya droglarda bulunan belirli maddeleri uzaklaştırmaya ve eğer

madde bir sıvıda çözünmüşse bu sıvı ile karışmayan ancak o maddeyi çözebilecek başka bir sıvıyla çıkarma işlemidir.

- **Ekstraksiyonun Amacı:** ilk amaç; Droglardaki etkin maddeleri arzu edilmeyen maddelerden ayırıştırmak ve etkin maddeyi daha çabuk absorbe edilebilecek hale getirmektir. İkinci amaç ise; Bitkisel droglarda bulunan resinler, glikozitler, alkoloitler, tanenler, uçucu yağlar, oleoresinler ve yağlar gibi çoğu maddenin, Ekstraksiyon sıvısına çözünen albuminler, zamlar, pektinler, müsilaajlar, nişastalar ve şekerler gibi farmakolojik etkisi bulunmayan maddelerin droglardan ayrılması için oluşturulmuş bir yöntemdir.

- **Ekstreler Üç Farklı Şekilde Sınıflandırılır:** Kullanılacak çözücüye, kıvama ve hazırlanış şekline göre sınıflandırılır.

Kullanılacak Çözücü: Alkollü ekstreler, Sulu ekstreler, Sulu alkollü ekstreler, Eterli ekstreler, Eterli alkollü ekstrelerdir.

Kıvama Göre:

1. Yumuşak ekstre: Rutubet çekebilene bir yapısı olup, koyu bal kıvamındadır ve ayrıca %35-40 oranında su içerir.

2. Katı ekstre: pilül kütlesi kıvamında olup plastik bir kütle görünüşüne sahiptir ve ayrıca %15-16 oranında su içerir.

3. Kuru ekstre: Sünger görünüşü olan ve kolaylıkla nem çeken bir yapısı olup, en az %5 oranında su içerir. Sıvı halindeki ekstraksiyon ürünleri vakumda 60°C'yi geçmeyen sıcaklıklarda kurutulurak elde edilir.

Hazırlanış Yöntemine Göre

- Kurutma işlemine tabi tutulmuş droglarda ekstraksiyon,
- Sıvı haldeki ürünlerde, çözünmüş maddelerdeki ekstraksiyon.

Ekstraksiyon Metotları

- Mekanik ekstraksiyon
- Distilasyon ekstraksiyonu
- Çözücüler vasıtasıyla yapılan ekstraksiyon
- Süperkritik sıvı ekstraksiyonu

Mekanik ekstraksiyon: Canlı olarak bitkinin çizilmesi ile ve çizilen kısımdan çıkan ürünün kazınıp alınması şekline dayanan bir ekstraksiyondur.

- Balsamlar reçine, lateks, ve zambak (afyon, terebentin, tolu balsamı)
- Eterik yağlar (bargamot ve turuncgil esansları). b)

Distilasyon; bir karışımındaki maddelerin farklı kaynama noktasına sahip bir veya birden fazla komponenti fiziksel bir şekilde ayırma işlemidir. Farmasötik alanda ise,

- Su ve diğer uçucu maddeleri içeren çözeltilerin saflaştırılması durumu,
- Doğal materyallerden fraksiyonlu distilasyon ile bileşenlerine ayrılması ile gerçekleştirilmektedir. Distilasyon Farmasötik teknolojiye; bazı aromatik sular, esanslar ve alkolalar bu yöntemle hazırlanmaktadır.

Çözücüler Vasıtasıyla Yapılan Ekstraksiyon: Tentür, infüzyon, dekoksiyon, ve ekstre haldeki materyallerin hazırlanması amacıyla kullanılır (URL-1, 2023).

Fitobiyotiklerden hangileri kullanılır;

Aktif bileşenleri içeren

- Bitkinin tamamı,
- Bitkinin bazı kısımları; kök, meyve, tohum, yaprak gibi
- Bitki esansiyel yağları kullanılabilir.

Esansiyel yağlar, bitkilerde bulunan aktif haldeki materyaller olup destilasyon veya ekstraksiyon aracılığıyla elde edilen ve fenilpropan, ester, terpenlerin alkol ve aldehit türevleri gibi pek çok oranda kimyasal bileşiklerden oluşan ve yağimsı karışımlardır.

Fitobiyotiklerin etkilerinin ortaya çıkması için;

- Fiziksel özellikleri,
- Bitkinin tipi ve kullanılan kısmı
- Katkı hazırlanan metot,
- Hasat mevsimi,
- Diğer yemlerle etkileşimi,

Aromatik bitkilerin farklı kimyasal bileşimleri olduğu bilinen bir gerçektir.

- **Su;** Kurutma işleminden sonraki su içeriği %5-12 oranındadır.
- **Karbonhidrat;** en çok fruktoz, rafinoz glukoz, sükroz ve maltoz bulunur.
- **Azotlu maddeler;** proteinlerin aromaya çok fazla katkısı olmamaktadır.
- **Lipitler;** mumlar, steroller, fosfolipitler, yağlar, vb. özellikle tohumlar ile meyvelerde bulunurlar.
- **Glikozidler;** aromatik bitkilerin koku, renk, tat gibi özellikleri üzerine etkendir.

- **Alkoloidler;** alkoloidlerin çoğu lezzetli, renksiz ve acı, bazıları ise kuvvetli kokuya sahiptir.
- **Tanenler;** Bazı bitkiler tanen bakımından zengindir. Tanenler bitkinin buruk tadını veren ve ayrırta en önemli özelliği olan antimikrobiyal ve antioksidan etkiye sahiptir ve malik, sitrik, organik asitler; süksinik asit ve tartarik gibi organik asitlerde bulunur.
- **Vitaminler;** pekçok aromatik bitki vitamin bakımından öneme sahiptir. Özellikle taze olarak tüketilen yapraklarda C vitamini bol miktarda bulunur.
- **Mineraller;** aromatik bitkiler % 3-10 oranlarında ham kül içermektedir. Yapraklarda daha yüksek oranlarda bulunur. Aromatik bitkilerde bulunan uçucu yağların çoğunluğu antimikrobiyal etkiye sahiptir ve Antimikrobiyaller; birçok aromatik bitkinin antimikrobiyel etki gösteren çeşitli bileşiklere sahip olduğu bilinmektedir.
- **Uçucu yağlar;** aromatik olan bitkilerde hemen hemenhepsinde uçucu yağlar mevcuttur (Ergün ve ark., 2016).

5. ANTİMİKROBİYAL BİLEŞİKLER VE ETKİ MEKANİZMALARI

Antimikrobiyaller, mikroorganizmaların sebep olduğu enfeksiyonları iyileştirmek amacı ile kullanılan ilaçlardır. Ortak olumsuz yönleri, komplikasyonlarının oluşması ve mikroorganizmalarda mutasyona yol açmalarıdır. Bu yüzden gerektiği durumlarda, hastalık kaynağına ve üzerinde bulunduğu ortama ait şartlar önemslenerek seçilerek kullanılması gerekmektedir. “Antibiyotikler”, bazı mantar bakterilerce üretilen ve diğerk mikroorganizmaların çoğalmalarını engelleyen (mikrobiyostatik) veya onları yok eden (mikrobisidal) doğal ajanlardır. Antibiyotiklere örnek olarak; Penisilin, sefalosporinler ve makrolidler verilebilir. Antibiyotiklerle benzer özellik gösteren, fakat sentetik bir şekilde sentezlenen kimyasal komponentler ise “kemoterapötik ajanlar” olarak isimlendirilir. Örnek olarak, kinolonlar, sülfonamidler, imidazoller verilebilir. Birtakım antibiyotikler veya türevleri kimyasal yönlendirmeler ile sentezlenebilir.

Antimikrobiyaller etki gruplarına göre beş farklı sınıfta birleştirilebilir:

a. Hücre duvarı sentez inhibitörleri

- 1) Beta laktamlar (sefalosporinler, karbapenemler, penisilinler, monobaktamlar, beta-laktam/beta-laktamaz inhibitörü kombinasyonları);
- 2) Glikopeptitler (teikoplanin, vankomisin)
- 3) Diğerkleri (ramoplanin, sikloserin, basitrasin, ristosetin, mersasidin, fosfomisin, moenomisin)

b. Protein sentezini inhibe edenler

50S alt üniteye bağlanarak etki gösterenler (linkozamidler, makrolidler, ketolidler, streptograminler, oksazolidinonlar, kloramfenikol);

1) 30S alt üniteye bağlanarak etki gösterenler (glisilsiklinler, aminoglikozidler, tetrasiklinler);

2) Bunların dışındakiler (nitrofurantoin, mupirosin). (Saran ve ark., 2010)

5.1. Antibiyotik Kombinasyonları

Tedavi zorluklarının üstesinden gelebilmek için, bir yandan yeni antibiyotik arayışı devam ederken bir yandan da var olan ilaçların daha etkili kullanılması ve antibakteriyel ilaçlar arası etkileşimlerin incelenmesi üzerinde durulmuştur. Antibiyotiklerin altın çağında bir antibiyotik kullanımının etkisiz olduğu bazı durumlarda kombine antibiyotiklerin tecrübe ve deneyime dayalı kullanılması ile daha geniş etki spektrumu elde edilmiştir. Bu sayede, kombine antibiyotiklerin güçlü mikroorganizmalara karşı inhibe etmek/yok etmek için uygun bulunan toksik etkisi olmayan dozajlarda kullanımı ile halk sağlığı sorununu ortadan kaldırmak için büyük bir tedavi imkanı meydana gelmiştir.

Farklı antibiyotiklerin birlikte kullanımı sırasında ilaçlar birbirleri ile 4 farklı şekilde tesirde bulunurlar. Bunlar sinerjistik, antagonist, additif ve indifferens etkileşimlerdir.

Sinerjistik etkileşim; kombine antibiyotiklerin beraber kullanımının etkisi, her bir antibiyotikğin tek başına kullanımı ile oluşan etkisinden daha yüksek oranda artmıştır. Olumlu yönde bir etkileşimdir.

Antagonist etkileşimde; test edilen antibiyotiklerin birlikte gösterdiği antibakteriyel etki, her bir antibiyotikğin tek başına kullanımı ile ortaya çıkan etkiden daha yüksek seviyede azalmıştır. Olumsuz yönde bir etkileşimdir.

Additif etkileşim; beraber kullanılan ilaçların gösterdiği antibakteriyel özellik tek tek gösterdikleri özelliklerinin toplamı olarak ifade edilir. Bir bakıma kısmi sinerjiyi belirtir.

İndifferens etkide ise antibiyotiklerin birlikte gösterdiği antibakteriyel özellik, daha etkili olan diğerinin tek başına gösterdiği antimikrobiyal özellik kadardır. Antibiyotikler birbiriyle etkileşmezler.

Deneyisel olarak sinerjistik özellik, kombine antibiyotikğin içindeki her bir farklı ilacın minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK) değerinde dört kat azalma olması ile belirlenir.

Kombine antibiyotiklerde sinerjistik özellik üç farklı şekilde olur.

5.1.1. Sinerjist özellik, farklı yollarla farklı hedefleri yok ederek meydana gelmesi

Antibiyotikler, farklı yollar ile ve farklı hedef bölgelerinde inhibe özellik göstererek sinerjizm oluştururlar.

5.1.2. Sinerjist özelliğin, aynı yolla farklı hedeflerin yok ederek meydana gelmesi

Sülfonamidler, ilk antimikrobiyal sınıfıdır ve azo boyalardan yapılmıştır. Hücre metabolizmasında kofaktörü olarak işlev gösteren folik asit sentezi sırasında rol oynayan bir enzimi hedef alıp ve bu sayede etkili olur. Sülfonamidler, PABA (para-amino-benzoik asit)'e benzer özellik gösterdiği için enzim PABA yerine sülfonamide bağlanır. Bu sayede folik asit sentezini durdurur. 1960'ların sonlarında sülfametoksazolile trimetoprim kombine antibiyotik tedavisinde kullanıma başlanılmıştır. Trimetoprim, dihidrofolatreduktaz enzimini yok ederek katalitik döngüyü tamamlayan dihidrofolik asit (DHFA)'in tetrahidrofolik aside dönüşmesine engel olur. Bu iki ilaç birlikte kullanıldığı zaman, folik asit sentezinin aşamaları durdurulur ve böylece iki antimikrobiyal birbirinin gösterdiği antibakteriyel özelliği arttırarak sinerjist etki meydana getirirler.

5.1.3. Aynı hedef bölgenin inhibisyonu ile sinerjist özelliğin meydana gelmesi

Antibiyotiklerin sadece aynı yolla değil fakat kesinlikle aynı hedef bölgede yok olmasıyla sinerjizm meydana getirmeleri söz konusudur (Aktaş, 2014).

5.2. Antimikrobiyal etkinin incelenmesi

Antimikrobiyal etkinin tespit edilmesinde Disk- Difüzyon yöntemi kullanılmaktadır ve bu metod ile belirlenen etkili bitki ekstraktları ile uygun MİC (Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) değerleri tespit edilmektedir.

5.2.1. Bitkilerin toplanması ve kurutulması

Bitki türleri arazi çalışması yapılarak toplanıp ve gölgede kurutulur ve Bitki türlerinin teşhisi; Flora of Turkey and the East Aegean Islands'dan faydalanılarak yapılır (Davis, 1970-1980-1984).

5.2.3. Ekstrelerin hazırlanışı

Bitkilerin kullanılacak kısımlarından 20 gr alınır aseptik şartlara uygun bir şekilde blenderda toz haline getirilir sonra 400 ml kloroform ilave edilerek ekstraksiyon yapılır (Mahansen ve ark., 1996). Elde edilmiş olan ekstraktların çözücüler rotavaporu uzaklaştırılıp ve etüvde kurutulup kuru ekstrakt haline getirilir

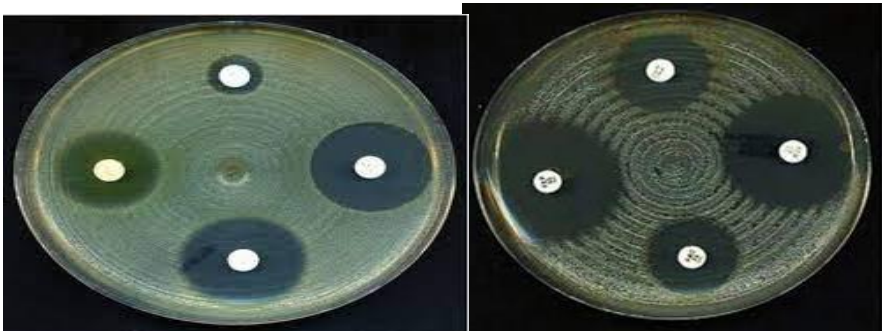
DMSO (Dimetil sülfoksit) ile 20 mg/ml olacak şekilde çözündürülür. Böylece bitki ekstraktları solüsyonları oluşturulmuş olur.

5.2.4. Mikroorganizmaların kültür hazırlanışı

Mikroorganizma kültürünün hazırlanışında; maya suşları Malt Ekstrakt Buyyon da, bakteri suşları Nutrient Buyyon da, dermofitler ise Glukoz Sabouroud Buyyon da geliştirilir ve daha sonra disk difüzyon işlemine geçilir.

5.2.5. Disk-difüzyon yöntemi

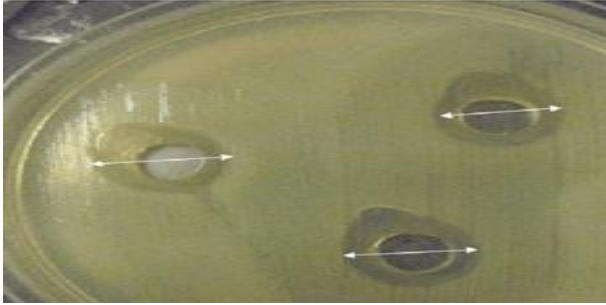
Bakterilerin suşu; Nutrient Buyyon da aşılansarak $35\pm1^{\circ}\text{C}$ de 24 saat, dermofit funguslar ise Glukozlu Sabouroud Buyyon da $25\pm1^{\circ}\text{C}$ de 48 saat, maya suşları Malt Ekstrakt Buyyon da inkübasyona tabi tutulur. Antibiyogram için erlende sterilize yapılan ve $45-50^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğutma yapılan Müller Hinton Agar, yukarıda da bahsi geçtiği gibi hazırlanan maya, bakteri, funguslara buyyondaki kültürü ile %1 oranında aşılama yapılarak (106 bakteri/ml, 104 maya/ml, 104 fungus / ml) iyice çalkalanma takibinde 9 cm çapında olan steril petri kutusuna 15 ml konulur ve besiyerinin homojen bir şekilde dağılabilmesi sağlanır. Katılaştıran besiyerindeki aseptik olarak her biri 100µl farklı ekstraktların emdirilmiş olduğu diskler hafifçe bastırılarak petrilere yerleştirilme işlemi gerçekleştirilir ve bu halde hazırlanan petri kutuları 4°C 'de $1,5\pm2$ saat bekletilerek, bakteri aşılansan plaklar $37\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat, dermofit ve maya aşılansan plaklar ise $25\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ 'de 3 gün süreye kadar inkübasyona tabi tutulur. Süre sonunda ise besiyeri üzerinde oluşan inhibisyon zonları mm olarak ölçülür ve değerlendirmeye tabi tutulur (Özçelik, 1992; Collins ve Lyne, 1987).



Şekil 1. Doğru aşılama yapılmış bir disk difüzyon plağı (soldaki resim); az aşılama yapılmış bir disk difüzyon plağı (sağdaki resim) görülmektedir (URL-2, 2023).

5.2.6. Oyuk Agar Yöntem (Agar Jel Difüzyon Yöntemi)

Agar Jel difüzyon metodu için Mueller Hinton agar (MHA) kullanılmaktadır. Petriye besiyeri dökmek için steril hale getirilmiş dipenser kullanılır. İstenilen agar kalınlığı eldesi için kalınlık değişkenine bağlı olarak $\pi r^2 h$ silindir hacim formülü tercih edilir. Disk difüzyon testi için EUCAST tarafından kabul edilen standart besiyeri kalınlığı 4 mm olarak kabul edilir (EUCAST, 2019). Agar Jel difüzyon deneyinde 3 farklı (4, 6, 8 mm) kalınlıkta ki besiyeri, 3 farklı (4, 6, 8) mm çaptaki kuyucuğun kullanılmasıyla üç tekrarlı olacak şekilde yapılması önerilir. Agar Jel Difüzyon yöntemi için kuyucukların hazırlanabilmesi ve inoküle işleminde agarda istenen çapta ki delik oluşturma işlemi için agar delici (corkborer) kullanılır. Her kullanışta alkol içerisine batırılıp çıkarılır ve daha sonra ateşte yakılarak sterilizasyona tabi tutulur. Sterilize edilen agar deliciyle istenilen boyuttaki kuyular açılır. Bakteri solüsyonunun hazırlaması için süspansiyon yöntemi tercih edilmelidir. Bu amaçla gecelik kültürden 0.5 McFarland bakteri solüsyonu hazırlanır ve eküvyon aracılığıyla agar petrilere yayma ekim yapılmaktadır. Bununla eş zamanda yapılan agar well difüzyon yöntemi ise kuyucuğun hacmine uygun oranda distile suda uygun konsantrasyonlarda hazırlanmış olan antibiyotikler kullanılmalıdır. Toplam volum kuyucuklar için farklı olsa da ($\pi r^2 h$) toplam antibiyotik konsantrasyonu eşit tutulmalı ve kloramfenikol için 10 μg , eritromisin için 15 μg , antibiyotik kullanılmalıdır. Kuyulara konulan antibiyotik solüsyonlarının besiyerleri tarafından emilmesi için 30 dk beklenmeli ve hazırlanan plaklar 16-18 saat süre ile 37°C'ye ayarlı etüvde inkübasyona tabi tutulmalıdır (Aytar ve ark., 2019).



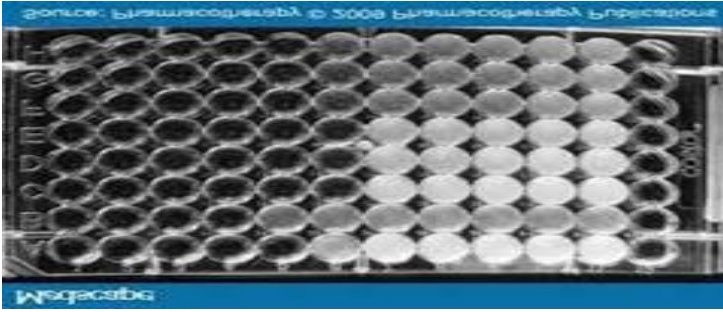
Şekil 2. Antibakteriyal aktivitenin belirlenmesi için Agar Jel Diffüzyon Yöntemi ile inhibisyon zonu görüntüsü mm

5.2.7. Mikrodilüsyon broth yöntemi (MİK)

Test edilecek mikroorganizmalar üzerine bitki ekstraktlarının antiikrobiyal aktivitesini belirlemek için minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) ile mikrodilüsyon metodu seçilmektedir (NCCLS, 2000).

Bu yöntemin çalışma prensibi ise şu şekildedir:

Mikroorganizma pasajlama (MuellerHintonBroth (Accumix® AM1072) be-siyeri üzerine); inkübasyon periyodu ($37\pm1^{\circ}\text{C}$, 18-24 saat); 0.5 McFarland stan-dardına göre bulanıklık ayarı; aseptik mikrotitre plakaları üzerinde 2 katlı dilüs-yonlar (Örneğin: 100 μL den 6.25 μL ye kadar 5 sefer seri); mikropalak değeren-dirme için inkübasyon ($37\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 18-24 saat); her bir kuyu için 50 μL mikroor-ganizma süspansiyonu (5×10^5 CFU / mL). Nominal değeri o numunenin en küçük değeri olarak tanımlanmaktadır. Üç tekrarlı yapılan bu yöntemde kuyucuklarda renk değişiminin saptanmadığı (mikrobiyal büyüme olmayan) son tüp MİK de-ğeri olarak belirlenmektedir (mg mL^{-1}).



Şekil 3. Mikropalaklardaki Minimal İnhibisyon Konsantrasyonu Görüntüsü

Ticari antimikrobiyal ilaçlar, uzun yıllardır bulaşıcı hastalıkların tedavisi için yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak son yıllarda, bu antibiyotiklerin gelişigüzel kullanımı, çoklu direnç ve yan etkiler geliştirmiştir. Doğaya dönüş anlamında an-tibiyotik kullanımı engellenmesi ile oluşan üretim kayıpları ve ürün kalitesinin artırılması amacı ile aromatik bitkiler, aromatik bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar ve aromatik bitki ekstraktlarının kullanımı, bu ürünler ile ilgili bilimsel araştırmalar da önem arz etmektedir. Halk arasında kullanılan bitkilerin yanında farmakolojik etkileri de kanıtlanmış bitkiler de bulunmaktadır. Başlıcaları; *Al-lium sativum* L. (Sarımsak), *Syzygium aromaticum* L. (Karanfil), *Mentha piperita* L. (Tıbbi Nane) olarak sayılabilir (Öztürk, 2017).

SONUÇLAR

Sonuç olarak antibakteriyel ve antifungal aktivitesi saptanan çoğu esansiyel yağın balık filetolarında ve balıklarda patojen olabilen bakterilerin varlığı durumunda, antimikrobiyal amaçla kullanımlarının yerinde olduğu ve gerekli durumlarda kullanılabilecek nitelikte olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aktaş G., (2014). Antibiyotik Kombinasyonları ve Sinerjistik Etkileşimleri Türk Mikrobiyol Cem Derg 44(2):47-55.
- Aytar, M., Oryaşın, E., Başbülbul, G., Bozdoğan, B., (2019). Agar Well Difüzyon Yönteminde Standardizasyon Çalışması Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences JONAS, 2 (2): 138-145.
- Baytop, T., (1999). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün), Nobel Tıp Kitap Evleri 2. Baskı.
- Beyzi, E. ve Gürbüz, B., (2010). Ülkemizde Kişniş (*Coriandrum sativum* L.) Üretimi ve Bitkinin Genel Özellikleri. Ziraat Mühendisliği 354.
- Collins, C. M. ve Lyne, P.M., (1987). Mikrobiyological Methods Butter Morths & Co (Publishers) Ltd. London 450 pp.
- Davis, P.H., (1970-1984-1985). Flora of Turkey and the Aegean Islands V: 7,8,9 Edinburgh Univ. Press.
- Duman Aydın B., (2008). Bazı tıbbi bitki ve baharatların gıda patojenleri üzerine antibakteriyel etkisinin araştırılması. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 14: 83-87.
- Ereçevit Sönmez, P., Karaton Kuzgun, N. ve Kırbağ, S., (2020). Quality changes and storage life of common carp (*Cyprinus carpio*) with the use of Ginger (*Zingiber officinale*) essentialoil. Progress in Nutrition; 22: 4: e2020084.
- Ergün, A., Tuncer, Ş.T., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., et al., (2016). Yemler yem hijyeni ve teknolojisigenişletilmiş 6. Baskı. Bölüm 4: Yem Katkı Maddeleri, 253-254
- Erol, İ., (2007). Gıda hijyeni ve mikrobiyolojisi, Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, 392s.
- Frank,F., Xu, Y., Jiang, O. ve Xia, W., (2014). Protective effects of garlic (*Allium sativum*) and ginger (*Zingiber officinale*) on physicochemical and microbial attributes of liquid smoked silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) wrapped in aluminium foil during chilled storage. African Journal of Food Science, 8(1), 1-8.
- Halkman, A.K., (2005). Merck - Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Ankara.
- Huang, X., Lao, Y., Pan, Y., Chen, Y., Zhao, H., Gong, L., Xie N. ve Mo, C.H., (2021). Synergistic Antimicrobial Effectiveness of Plant Essential Oil and Its Application in Seafood Preservation: A Review. *Molecules*, , 26(2), 307.
- Kalaycıoğlu A., Öner C., (1994). Bazı bitki ekstraktlarının antimutajenik etkilerinin Ames-Salmonella test sistemi ile araştırılması. Tr. J. Botany, 18: 117-122
- Karaton Kuzgun, N. ve Kırbağ, S. (2020). Description of the Protective Feature of *Oregano* Essential Oil Sold as a Commercial Site on Rainbow Trout. *Int. J. Pure Appl. Sci.* 6(2):99-106.

- Karaton Kuzgun, N., Erecevit Sönmez, P. ve Tanyildizi, M. Ş. (2020). Preservative effect of coriander essential oil applied in different proportions on the storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Progress in Nutrition*, 22;4: e2020081
- Kırbağ S., Kurşat M. ve Kırbağ Zengin F., (2005). Elazığ'da tıbbi amaçlı kullanılan bazı bitki ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
- Labbe R.G. ve Juneja V.K., (2017). "Clostridium perfringens". Christine E. R. Dodd, Tim Grant Aldsworth, Richard Stein, Dean O. Cliver, Hans P. Riemann (Ed.). *Foodborne diseases*. Third edition. Londra: Academic Press. ss. 235-242. ISBN 978-0-12-385008-9. OCLC969553927
- Mahansen, A. ve Abbas, M., (1996). Antimicrobial Activity of Extracts of Herbal Plants Used in the Traditional Medicine of Bahrain. *Phytotherapy Research*, 10, 251-253.
- Özçelik, S., (1992). Gıda Mikrobiyolojisi Laboratuvarı, F.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 1, 135, Elazığ.
- Öztürk G., (2017). Ağız patojenlerine etkili olabilecek bazı uçucu yağların kimyasal bileşiminin ve antimikrobiyal aktivitesinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Saran, B. ve Karahan, C. Z., (2010). Antimikrobiyal Ajanlara Genel Bakış Antimicrobial Agents at a Glance. *Türk Urol Sem*; 1: 216-20.
- Soltani, S., Shakeri, A., Iranshahi, M. ve Boozari, M., (2021). A Review of the Phytochemistry and Antimicrobial Properties of *Origanum vulgare* L. and subspecies. *Iran. J. Pharm. Res.* 20, 268–285.
- Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Serrano, C., Matos, O., et al., (2020). Chemical Composition and Bioactivity of Different Oregano (*Origanum vulgare*) Extracts and Essential Oil. *J. Sci. Food Agric.* 2013, 11, 2707–2714.
- URL-1, (2023). https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/186923/mod_resource/content/0/6. Hafta.pdf
- URL-2, (2023). https://tmc.dergisi.org/pdf/tmc_supplement_2016.pdf 2016. Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi 46, s6
- Uysal Bayar, F. (2020). Doğadan Gewlen Mucize: Zencefil (*Zingiber officinale*). *Bahçe* 49(2): 99-110.
- Uysal Bayar, F., (2020). Doğadan Gewlen Mucize: Zencefil (*Zingiber officinale*). *Bahçe* 49(2): 99-110.
- Viji, P., Kizhakkathil Binsi, P., Visnubinayagam, S., Bindu, J., Nagarajaro Ravishankar, C. ve Gopal, T.K:S., (2015). Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf life extension of chill stored Indian mackerel. *Journal of Food Science and Technology*. 52, 6278–6289.

