

ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Editör
Prof. Dr. Atilla Atik

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Güncel Yaklaşımlar

Editör

Prof. Dr. Atilla Atik

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Prof. Dr. Atilla Atik

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Mart, 2025

Yayımcı Sertifika No
45813

Matbaa Sertifika No
47381

ISBN
978-625-6634-70-1

©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.platanuskita.com
e-mail: platanuskita@gmail.com



PLATANUS PUBLISHING®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
Hayvan Refahında PLS-SEM Modeli Mehmet Saraçoğlu	
BÖLÜM 2.....	21
Bıldırcın Beslenmesinde Sıcaklık Stresinin Etkileri Nurcan Kırar & Özlem Durğun	
BÖLÜM 3.....	29
Arpada Anti Besinsel Faktörlerin Azaltılmasında Bazı Modifikasyonların Rolü ve Kanatlı Rasyonlarındaki Etkileri Sabri Yurtseven & Özlem Durğun	
BÖLÜM 4.....	43
Turunçgil Yetiştiriciliğinde Önemli Bir Zararlı Olan Turunçgil Unlubiti (<i>Planococcus citri</i> RISSO, Hemiptera: Pseudococcidae) Zararlisinin Önemi ve Mücadele Yöntemleri Murat Helvacı	
BÖLÜM 5.....	53
Tatlı Su Levreği (<i>Perca fluviatilis</i> L. 1758)'ne Genel Bakış Kamil Atsatan	

BÖLÜM 1

Hayvan Refahında PLS-SEM Modeli

Mehmet Saraçoğlu¹

¹ HARRAN ÜNİVERSİTESİ, ORCID: 0000-0002-5845-2099

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte, et talebinde de paralel bir artış gözlemlenmektedir. Özellikle düşük kalori içeriği, yüksek protein seviyesi ve düşük kolesterol oranı nedeniyle kümes hayvanları eti, tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilmekte ve bu durum kümes hayvancılığı sektöründe üretim baskısını artırmaktadır (Jilo ve Hasan, 2022; Lashari vd., 2018). Ancak, bu artan talep, tarımsal üretim süreçlerinde verimlilik artışı yönünde önemli bir baskı oluşturmuş ve çoğu zaman çevresel ve etik standartlar göz ardı edilmiştir. Bu durum, kümes hayvanlarının refahına ilişkin kaygıların artmasına ve bu alanda daha sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesine yönelik çağrıların güçlenmesine neden olmuştur (Castro vd., 2023; Hartcher ve Lum, 2020).

Kümes hayvanlarının refahının iyileştirilmesi, yalnızca hayvanların sağlık ve esenliği açısından değil, aynı zamanda üretilen etin kalitesini doğrudan etkilemesi bakımından da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, optimum refah koşullarının sağlanması, yüksek kaliteli ürün elde edilmesi açısından kritik bir gerekliliktir (EFSA vd., 2023; Korver, 2023). Son yıllarda, hayvan refahının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesinin bir öncelik olduğu giderek daha fazla kabul görmekte ve bu konuda küresel ölçekte daha sıkı düzenlemeler getirilmektedir. Bu süreç, bilim insanları, politika yapımcılar ve sektör paydaşlarının iş birliğini gerektirmekte olup, her biri hayvan refahı ve tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliği açısından önemli roller üstlenmektedir (Marchant-Forde, 2015; Dwyer, 2020; Broom, 2021). Özellikle, Avrupa Birliği ve diğer uluslararası kuruluşlar tarafından geliştirilen standartlar, kümes hayvanlarının refahını artırmaya yönelik politika reformlarını teşvik etmektedir.

Hayvan refahının bilimsel temellere dayalı olarak değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi büyük bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, dışsal ve nesnel ölçütler, hayvanın öznel refah durumunu doğrudan ortaya koyamamaktadır. Bu nedenle, refahın bütüncül bir şekilde değerlendirilmesi için fizyolojik, davranışsal ve biyokimyasal göstergelerin birlikte analiz edilmesi gerekmektedir. Mevcut araştırmalar, fizyolojik veya davranışsal değişimlerin birer vekil değişken olarak kabul edildiğini ve hayvan refahına ilişkin dolaylı kanıtlar sunduğunu göstermektedir (Browning, 2023).

Günümüzde hayvan refahı, yalnızca etik bir sorumluluk olarak değil, aynı zamanda sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği açısından da kritik bir konu olarak ele alınmaktadır. Hayvan refahına yönelik tüketici farkındalığının artması, endüstride daha yüksek standartlara duyulan ihtiyacı beraberinde getirmiştir. Artan tüketici bilinci ve küresel düzenlemeler, tarımsal üretim süreçlerinde

hayvan refahı standartlarının yükseltilmesini zorunlu hale getirmektedir. Bu bağlamda, hayvan refahının bilimsel olarak değerlendirilmesi ve yönetilmesi, yalnızca bireysel hayvan sağlığı açısından değil, aynı zamanda üretim verimliliği ve gıda kalitesinin artırılması açısından da önemli avantajlar sunmaktadır. Bu doğrultuda, ileri istatistiksel modelleme yöntemlerinin kullanımı, hayvan refahı değerlendirmelerinin daha nesnel ve güvenilir hale getirilmesine katkı sağlayacaktır.

2. REFAH KAVRAMI VE ÖLÇÜMÜ

Hayvan refahı, bir hayvanın çevresine verdiği biyolojik tepkilerin bütünlüklü bir şekilde değerlendirilmesini içerir. Bu değerlendirme süreci, hayvanın fizyolojisi, duygusal ve bilişsel durumu, kaçınma davranışı, biyokimyasal yanıtları ile sosyal veya fizikokimyasal uyaranlara verdiği tepkiler üzerinden gerçekleştirilmektedir (Hemsworth vd., 2015; Wickham vd., 2012). Ancak, dışsal ya da nesnel ölçümler aracılığıyla, öznel refahı oluşturan zihinsel durumlara doğrudan erişim sağlamak mümkün değildir. Bu nedenle, hayvanın refah durumunu anlamak için genellikle davranışsal ya da fizyolojik değişimler gibi dolaylı göstergeler kullanılmaktadır (Browning, 2023). Özellikle, stres ve rahatsızlık gibi refah göstergelerinin izlenmesi, hayvanların yaşadığı koşulların bütüncül bir değerlendirmesini yapabilmek açısından kritik öneme sahiptir.

Bir hayvanın fizyolojik stres altında olup olmadığını belirlemek, hayvan refahını objektif bir şekilde değerlendirmenin en önemli yollarından biridir. Fizyolojik stres, hayvanın karşılaştığı olumsuz çevresel koşullar veya tehditlere karşı geliştirdiği biyolojik bir yanıt mekanizmasıdır (Gonzalez-Rivas vd., 2020; Kumar vd., 2023; Silva vd., 2020; Tatamoto vd., 2019). Bu stres tepkilerinin izlenmesi, yalnızca hayvan sağlığını koruma açısından değil, aynı zamanda üretim verimliliğinin artırılması ve tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanması bakımından da büyük önem taşımaktadır.

Hayvan refahının değerlendirilmesine yönelik farklı yöntemler mevcut olup, her bir yöntemin kendine özgü avantajları bulunmaktadır (Mench, 2017). Bununla birlikte, son yıllarda istatistiksel ve matematiksel modelleme alanındaki gelişmeler ile makine öğrenimi ve veri madenciliği uygulamalarının kullanımı, hayvan refahı değerlendirmelerinde yeni perspektifler sunmaktadır. Bu teknikler, hayvan sağlığı ve refahına ilişkin tahmine dayalı analitik algoritmalara giderek daha fazla entegre edilmektedir (Niloofer vd., 2021). Özellikle, bu tür ileri analizler sayesinde, hayvanların sağlık durumunu etkileyen değişkenler arasındaki ilişkiler daha derinlemesine incelenebilmekte ve erken müdahale stratejileri geliştirilebilmektedir.

Bu bağlamda, gizil değişkenlerdeki varyansın en büyük kısmını açıklayan ölçülebilir göstergeleri belirlemek amacıyla çeşitli istatistiksel algoritmalar geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, eş zamanlı olarak kaydedilmesi gereken gösterge sayısını azaltarak değerlendirme sürecini daha verimli hale getirmektedir (Hair vd., 2021). Hayvan refahı araştırmalarında kullanılan en güçlü yöntemlerden biri Yapısal Eşitlik Modellemesi (SEM) olup, bu yöntem, gözlemlenemeyen gizil değişkenler arasındaki ilişkileri anlamlandırmada önemli avantajlar sağlamaktadır.

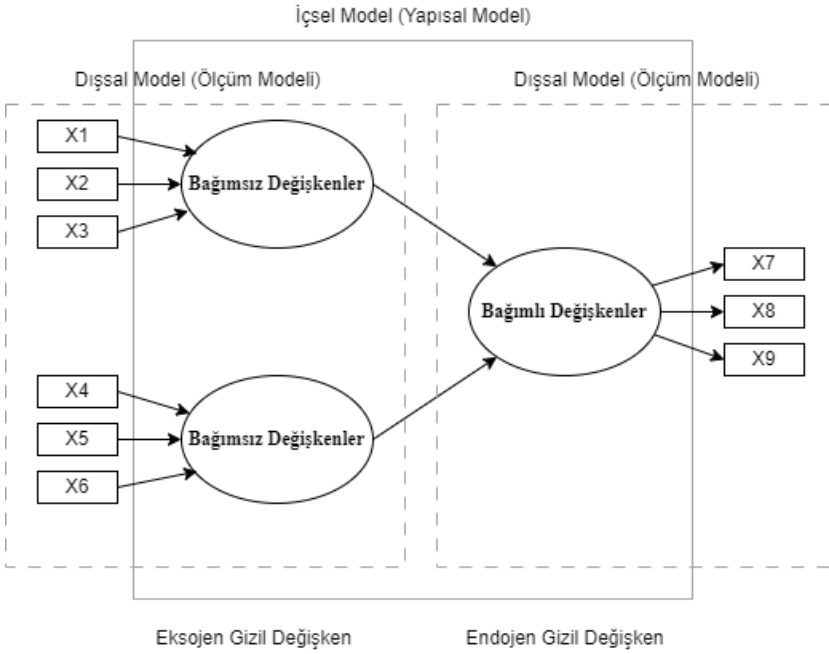
3. YAPISAL EŞİTLİK MODELLEMESİ

Yapısal Eşitlik Modellemesi (SEM), birden fazla bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki karmaşık ilişkileri eş zamanlı olarak modellemeye ve tahmin etmeye olanak tanımaktadır. Bu yöntem, özellikle sosyal bilimlerde, tarım ve sağlık alanlarında, gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkileri analiz etme kapasitesiyle öne çıkmaktadır. SEM kapsamında incelenen kavramlar genellikle doğrudan gözlemlenememekte olup, birden fazla gösterge aracılığıyla dolaylı olarak ölçülmektedir. Bu durum, hayvan refahı gibi çok boyutlu ve doğrudan gözlemlenemeyen olguların incelenmesinde SEM'in güçlü bir yöntem olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, SEM'in gözlenen değişkenlerdeki ölçüm hatalarını hesaba katması, hayvan refahını etkileyen temel faktörlerin daha doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır (Hair vd., 2021).

İlk SEM modelleri ekonomi alanında geliştirilmiş olmakla birlikte (Hair vd., 2017), tarım bilimlerinde de gizil değişkenlerin ölçümüne odaklanan önemli bir literatür mevcuttur. Örneğin, bazı çalışmalar çiftlik verimliliğini tahmin etmek için bu modelleri kullanmış (Lima vd., 2023), bazıları ise pozitif duyguların büyüme çağındaki domuzların fizyolojik ve davranışsal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir (Krugmann vd., 2020). Ancak, hayvan refahı alanında bu tür modellerin uygulanmasına yönelik çalışmalar halen oldukça sınırlıdır. Domuz yavruları ve anaç domuzların refah göstergelerinin belirlenmesine (Friedrich vd., 2020) ve kümes hayvanlarının refahının değerlendirilmesine (Yalçın vd., 2021) ilişkin araştırmaların sınırlı kalması, istatistiksel modellerin hayvan refahı alanındaki potansiyelinin tam anlamıyla değerlendirilemediğini göstermektedir.

Yapısal eşitlik modelinde iki alt model bulunmaktadır. İç model (yapısal model), bağımsız ve bağımlı gizil değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri belirlerken, dış model (ölçüm modeli), gizil değişkenler ile bunlara karşılık gelen gözlenen göstergeler arasındaki ilişkileri tanımlar (Şekil 1). SEM'de bir değişken ya dışsal (eksojen) ya da içsel (endojen) olarak

sınıflandırılmaktadır. Dışsal bir değişkenin yalnızca dışa doğru yönlendirilmiş yol okları bulunurken, içsel bir değişken en az bir yolun kendisine yöneldiği ve diğer değişken(ler)in etkilerini temsil ettiği bir yapıdadır (Wong, 2013). Bu hiyerarşik yapı, SEM'in çoklu değişkenli analizlerde esneklik sağlamasına ve karmaşık yapısal ilişkileri analiz edebilmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 1. SEM Diyagramında İçsel ve Dışsal Model (Wong, 2013)

Yapısal Eşitlik Modellemesi (SEM) iki temel yaklaşıma sahiptir. Bunlardan ilki, Kovaryans Tabanlı SEM (CB-SEM) olup, genellikle en çok olabilirlik (Maximum Likelihood - ML) yöntemi ile tahmin yapılmaktadır. CB-SEM, teorik modellerin doğrulanması, değişkenler arasındaki kovaryans yapısının değerlendirilmesi ve modelin genel uyum iyiliğinin test edilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz vd., 2024).

İkinci yaklaşım ise, Bileşen Tabanlı SEM (PLS-SEM) olup, Kısmi En Küçük Kareler (Partial Least Squares - PLS) yöntemi ile tahmin yapılmaktadır. PLS-SEM, özellikle keşifsel araştırmalarda, küçük örneklemlemlerle çalışmalarda ve yüksek model karmaşıklığı içeren analizlerde tercih edilmekte olup, değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri modellemek ve tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır (Yılmaz vd., 2024). Bu yaklaşımın avantajlarından biri, veri

dağılımına ilişkin katı varsayımlar gerektirmemesi ve eksik verilerle daha esnek çalışabilmesidir.

3.1. Kovaryans Tabanlı Yapısal Eşitlik Modellemesi (CB-SEM)

Kovaryans Tabanlı Yapısal Eşitlik Modellemesi (CB-SEM), sosyal bilimlerde başta olmak üzere birçok disiplinde yaygın olarak kullanılan bir istatistiksel analiz yöntemidir. Teorik modellerin doğrulanması, değişkenler arasındaki kovaryans yapısının değerlendirilmesi ve model uyumunun test edilmesi amacıyla tercih edilmektedir. Özellikle büyük örneklem büyüklüğüne sahip, normal dağılım varsayımını sağlayan ve en önemlisi, modelin doğru şekilde tanımlandığı durumlarda CB-SEM'in kullanımı yaygındır (Hair vd., 2011; Hwang vd., 2010; Reinartz vd., 2009). Bu yöntem, gözlenen değişkenler arasındaki ilişkileri modellemek ve teorik hipotezleri test etmek için güçlü bir araç sunmaktadır. CB-SEM yöntemi, AMOS, EQS, LISREL, STATA, SAS, R ve MPlus gibi yazılım paketleri aracılığıyla uygulanmaktadır (Yılmaz vd., 2024).

Bununla birlikte, birçok araştırmacı ve sektör uygulayıcısı, gerçek dünyada CB-SEM'in gerektirdiği varsayımları sağlayan veri setlerinin oluşturulmasının çoğu zaman zor olduğunu belirtmektedir. Özellikle, modelin tam olarak tanımlanamaması veya değişkenler arasındaki ilişkiler hakkında yeterli teorik çerçevenin bulunmaması, CB-SEM'in kullanımını sınırlayan en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Ayrıca, örneklem büyüklüğünün yeterli olmaması veya verinin normal dağılım göstermemesi durumunda CB-SEM'in performansı düşebilir. Bu tür kısıtlamalar nedeniyle, alternatif yöntemlere duyulan ihtiyaç artmakta ve özellikle keşifsel araştırmalarda daha esnek yaklaşımlar tercih edilmektedir. Bu gibi durumlarda, Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM), daha esnek yapısı nedeniyle CB-SEM'e alternatif bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

3.2. Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM)

Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM), gizil değişkenler içeren yol modellerini tahmin etmek amacıyla giderek daha fazla benimsenen güçlü bir istatistiksel modelleme tekniği olarak öne çıkmaktadır (Sarstedt vd., 2021). Özellikle keşifsel araştırmalarda, veri dağılımına ilişkin katı varsayımlar gerektirmemesi ve küçük örneklemle çalışabilme kapasitesi nedeniyle CB-SEM'e kıyasla avantajlıdır. PLS-SEM, perakendecilik ve tüketici hizmetleri (Foroughi vd., 2023), çevre bilimi (Deb vd., 2024), sürdürülebilir girişimcilik (Sharma vd., 2023), eğitim ve bilişim teknolojileri (Zhong vd., 2023), ekonomi (Fedajev vd., 2023) ve tıp (Zhang vd., 2023) gibi birçok farklı alanda

yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu geniş uygulama yelpazesi, PLS-SEM'in hem köklü hem de yeni gelişen araştırma alanlarındaki artan önemini vurgulamaktadır.

PLS-SEM, veri dağılımına ilişkin herhangi bir varsayım gerektirmeyen esnek bir modelleme yaklaşımıdır (Vinzi vd., 2010). Bu özelliği nedeniyle, belirli durumlarda CB-SEM'e kıyasla daha uygun bir alternatif olarak değerlendirilmekte olup, özellikle aşağıdaki koşullarda tercih edilmektedir (Wong, 2010):

1. Örneklem büyüklüğünün küçük olması,
2. Uygulamanın dayandığı teorik çerçevenin sınırlı olması,
3. Tahmin doğruluğunun öncelikli bir gereklilik olması,
4. Modelin doğru şekilde tanımlanmasının garanti edilememesi.
5. Ancak, PLS-SEM her tür istatistiksel analiz için uygun bir yöntem değildir. Bu yöntemin bazı sınırlamaları göz önünde bulundurulmalıdır:
6. Küçük örneklem büyüklüğüne sahip çalışmalarda yüksek yapısal yol katsayıları gereklidir.
7. Çoklu doğrusallık (multicollinearity) problemi yeterince ele alınmazsa modelin güvenilirliği azalabilir.
8. Modelde oklar her zaman tek yönlü olduğu için çift yönlü korelasyonlar doğrudan modellenemez.
9. Gizil değişken puanlarında tam tutarlılığın sağlanamaması, bileşen tahminleri, yüklemeler ve yol katsayılarında yanlılığa yol açabilir.
10. Yol katsayısı yüklemelerinin tahmininde yüksek ortalama kare hatalarına neden olabilir.

Tüm bu sınırlamalara rağmen, PLS-SEM, özellikle uygulamalı araştırmalarda, örneklem büyüklüğünün sınırlı olduğu ve veri dağılımının çarpık olduğu durumlarda güçlü bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Wong, 2011).

3.3. Model Kurulumu ve Değişken Seçimi

Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM), Wold (1982) tarafından kovaryans tabanlı yapısal eşitlik modellemesine (CB-SEM) kıyasla daha esnek bir yöntem olarak geliştirilmiştir (Hair vd., 2017). PLS-SEM, sıklıkla "varyans tabanlı SEM" olarak adlandırılmakta olup, aynı zamanda parametrik olmayan bir tekniktir (Yalçın vd., 2021). PLS-SEM modeli, iki temel bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1):

1. Ölçüm modeli (Dışsal model): Gizil değişkenler ile bunlara ait gösterge değişkenleri arasındaki ilişkileri değerlendirir.
2. Yapısal model (İçsel model): Gizil değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri inceler.

Yapısal modelde, dışsal değişkenlerden içsel değişkenlere yönelen oklar, değişkenler arasındaki ilişkileri göstermektedir. PLS yolu modeli, iki aşamada tahmin edilmektedir. İlk aşamada ölçüm modelleri değerlendirilirken, ikinci aşamada yapısal model analiz edilmektedir. İlk aşama iteratif olarak gerçekleştirilirken, ikinci aşama iteratif bir süreç içermez (Hair vd., 2017). Ölçüm modelinin değerlendirilmesinde iki farklı yaklaşım bulunmaktadır:

1. Biçimleyici (Formative) ölçüm modeli: Nedensellik, gösterge değişkenlerinden ilgili gizil değişkene (η veya ξ) doğrudur. Yani, biçimleyici ölçüm modellerinde gizil değişken, bir veya birden fazla gösterge değişkeni tarafından belirlenir. Bu durumda, ok yönü göstergelerden gizil değişkene doğrudur.
2. Yansıtıcı (Reflective) ölçüm modeli: Gizil değişken, gösterge değişkenlerini belirlemektedir ve oklar, yapıyı göstergelere doğru yönlendirmektedir. Her bir gösterge değişkeni bir hata terimine sahiptir ve bu hata terimlerinin biçimleyici ölçüm modelleri için geçerli olmadığı varsayılmaktadır (Vinzi vd., 2010).

SEM modelinde içsel değişkenler, dışsal değişkenlerden veya diğer içsel değişkenlerden etkilenmektedir. Ancak, dışsal değişkenler, herhangi bir gizil değişkenden etkilenmemektedir. Bu çerçevede, doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi, belirleme katsayısı (R^2) yalnızca bağımlı (içsel) değişkenler için hesaplanmakta, bağımsız (dışsal) değişkenler için hesaplanmamaktadır. PLS-SEM analizinde model değerlendirmesi iki aşamada yapılmaktadır:

1. Ölçüm modelinin değerlendirilmesi (yansıtıcı ve biçimleyici modeller ayrı ayrı ele alınmaktadır),
2. Yapısal modelin değerlendirilmesi.

Yansıtıcı ölçüm modellerinin değerlendirilmesinde birkaç temel kriter bulunmaktadır. İlk olarak, gösterge yüklemeleri (indicator loadings) ≥ 0.708 olmalı, bu da göstergelerin kabul edilebilir güvenilirliğini sağlamak için gereklidir. İç tutarlılık güvenilirliği, yani bileşik güvenilirlik (CR), ≥ 0.70 olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, yapı içindeki ölçüm değişkenlerinin açıklanan varyansını değerlendiren Ortalama Açıklanan Varyans (AVE) ≥ 0.50 olmalıdır, bu da yakınsak geçerliliği test etmek için kullanılır. Çapraz yüklemeler (cross-loadings), ayırma geçerliliğini test etmek amacıyla değerlendirilmelidir. Bu test, her bir gösterge ile ait olduğu gizil değişken arasındaki korelasyonun, modeldeki diğer yapılarla olan korelasyonlarından daha yüksek olmasını gerektirir (Hair vd., 2019).

Biçimleyici ölçüm modellerinin değerlendirilmesinde ise, gösterge çok doğrusallığı (VIF - Varyans Şişirme Faktörü) < 5 olmalıdır. Ayrıca, gösterge ağırlıkları, istatistiksel anlamlılık ve önem açısından bootstrap prosedürü ile test edilmelidir (Hair vd., 2019). Yapısal (iç) modellerin değerlendirilmesinde ise belirleme katsayısı (R^2) kullanılır. R^2 değerleri ≥ 0.75 güçlü, $0.75 - 0.50$ orta ve $0.50 - 0.25$ zayıf olarak sınıflandırılmaktadır. Etkileşim büyüklüğü (f^2) ise 0.02 küçük, $0.02-0.15$ orta ve ≥ 0.35 büyük olarak kabul edilir (Hair vd., 2019). Son olarak, parametrik olmayan bootstrap prosedürü kullanılarak yol katsayıları, dış yüklemeler ve dış ağırlıkların anlamlılığı test edilmelidir.

PLS-SEM'in bir diğer önemli avantajı ise, modeldeki gizil değişkenlerin yapısal ilişkilerini daha doğru şekilde yansıtabilmesidir. Ayrıca, küçük örneklem büyüklüklerinde ve doğrusal olmayan yapılar içeren modellerde güçlü performans sergileyebilmesi, araştırmalara geniş bir uygulama alanı sunmaktadır. Bununla birlikte, modelin esnekliği, daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlayarak analistin daha fazla içgörü kazanmasına yardımcı olur.

4. PLS-SEM MODELİNİN HAYVAN REFAHINDA KULLANIMI

Kümes hayvanlarının refahı, insan sağlığı ve hayvansal üretimle doğrudan ilişkili olup, hassas bir süreçtir. Bu bağlamda, hayvan refahının güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi hem üretim verimliliğini artırmak hem de etik standartları korumak açısından büyük önem taşımaktadır. Gözlemlenebilir değişkenleri (örneğin, barınma yoğunluğu) ölçmek için çeşitli istatistiksel

yöntemler bulunmasına karşın, duygusal ve psikolojik durumlar gibi gözlemlenemeyen (gizil) değişkenler genellikle faktör analizi gibi yöntemlerle analiz edilmektedir (Yalçın vd., 2021). Son yıllarda, gizil değişkenler arasındaki ilişkileri modellemek ve tahmin etmek amacıyla yapısal eşitlik modellemesi (SEM) tarım ve hayvancılık gibi birçok alanda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. SEM, doğrudan ölçülemeyen gizil değişkenler arasındaki ilişkileri tahmin etmeye olanak tanımaktadır. Hayvan refahının ölçülmesine dair çalışmalar son yıllarda sürekli artmaktadır. Ancak hayvan refahının istatistiksel modelleme yöntemleri kullanılarak ölçülmesine dair çok az çalışma bulunmakta ve bu konuda özellikle yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda bu konuya dair yapılan birkaç çalışma mevcuttur.

Mysko vd. (2024), yaptıkları çalışmada, süt sığırcı çiftliklerinde ekonomik, çevresel ve hayvan refahı performanslarının aynı anda iyi düzeylerde elde edilip edilemeyeceğini ve nasıl elde edilebileceğini incelemişlerdir. YEM yaklaşımına dayalı bu çalışma, gizil değişkenler olan hayvan refahı, çevre ve ekonomik performansın pozitif orta-güçlü bir şekilde birbirleriyle ilişkili olduğunu bulmuştur (korelasyon katsayıları yaklaşık 0,3).

Yalçın ve arkadaşları (2021) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, biyolojik stres, fiziksel aktivite ve büyüme arasındaki ilişkilerin analizinde PLS-SEM yöntemi kullanılmıştır. Kanatlı hayvan refahı, insan sağlığı ve hayvan üretimiyle doğrudan bağlantılı olup, duygusal ve psikolojik durumlar gibi doğrudan gözlemlenemeyen değişkenler genellikle faktör analizi ile değerlendirilmektedir. Bu araştırmada, 96 hayvan kullanılarak üç faktörlü bir model oluşturulmuş ve PLS-SEM sonuçlarına göre büyümenin %65,2 oranında bağımsız değişkenler tarafından tahmin edilebildiği belirlenmiştir ($R^2 = 0,652$). Ayrıca, fiziksel aktivitenin ($\gamma=0,698$), biyolojik strese kıyasla ($\gamma=0,176$) büyüme üzerinde daha güçlü bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, fiziksel aktivitenin biyolojik stresin ($\gamma=0,546$, $R^2=0,298$) ve büyümenin değerlendirilmesinde temel değişken olduğu ortaya konulmuştur. Genel olarak, bu çalışma, SEM yönteminin büyüme ve biyolojik stresin analizinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir.

Friedrich vd. (2020) tarafından yapılan bu çalışmada, dişi domuzlar ve domuz yavrularının refahını değerlendirmek için buzdağı göstergelerini tanımlayarak mevcut protokollerin uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Veriler, kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modelleme (PLS-SEM) yöntemiyle analiz edilmiştir. Dişi domuzlarda refah, en çok iyi barınma, iyi sağlık ve uygun davranış ilkelerinden etkilenmiştir (yol katsayıları = 0,77,

0,86, 0,91). Yüksek determinasyon katsayıları R^2 , açıklanan varyansın büyük olduğunu göstermektedir (iyi barınma $R^2 = 0,59$, iyi sağlık $R^2 = 0,75$, uygun davranış $R^2 = 0,83$). Stereotipiler, dişi domuz refahını değerlendirmek için en değerli gösterge olmuştur. Ayrıca, nihai modelde panting, omuz yaraları, metrit, ölüm oranı ve dinlenen hayvanlarda stereotipleri değerlendiren bir gösterge yer almıştır (gösterge güvenilirlikleri 0,54–0,88). Ancak, modelde topallık ve vücut durumu göstergeleri yer almamıştır; bu durum çiftlik örneklemeyle ilgili olabilir. Domuz yavrularının refahı ise en çok karpal eklem lezyonları, ölüm oranı, hapsirme ve küçük boyutlu hayvanlarla açıklanmıştır (gösterge güvenilirlikleri 0,48–0,86).

Krugmann vd. (2020) tarafından yapılan bu çalışmada, besi domuzlarının temel olarak olumlu duygusal durumunun, oyun davranışları, davranış testlerindeki tutumları, vücut dili sinyalleri, hipokampus çapı ve astroglia hücre sayıları, tükürükteki Immunoglobulin A (IgA) içeriği veya tükürük protein bileşimi gibi çeşitli davranışsal ve fizyolojik parametreleri etkileyip etkilemediğini araştırmışlardır. Ayrıca, bu değişkenlerin pratikte domuzların olumlu duygusal durumunu değerlendirmek için uygunluğu incelenmiştir; bu durum, kendisi doğrudan ölçülemeyen bir örtük değişken olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada, üç farklı barınak sistemine sahip çiftlikten 60 besi domuzunun davranışsal ve fizyolojik verilerini içeren bir veri seti, kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modelleme (PLS-SEM) yöntemi ile analiz edilmiştir. Bulgular, sırasıyla oyun davranışları ($PC=0,83$), vücut dili sinyalleri ($PC=0,79$) ve davranış testlerinin ($PC=0,62$) domuzların olumlu duygusal durumundan en fazla etkilenen parametreler olduğunu göstermiştir. Ayrıca, oyun davranışları ($R^2=0,69,8$), vücut dili sinyalleri ($R^2=0,62,7$) ve davranış testleri ($R^2=0,39,5$) için orta ve düşük düzeyde R^2 değerleri elde edilmiştir. "Hareket oyunları" göstergesi, domuzların olumlu duygusal durumunu tahmin etmek için en yüksek gösterge güvenilirliğine ($IR=0,85$) sahip bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, genel olarak domuzların olumlu duygusal durumunun anlaşılmasına ve değerlendirilmesine katkı sağlamıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, kümes hayvanlarının refahının ölçülmesinde Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM) yönteminin uygulanabilirliğini incelemekte ve bu yöntemin hayvan refahı değerlendirmelerindeki yerini ortaya koymaktadır. Hayvan refahı, sürdürülebilir tarım, gıda güvenliği ve etik üretim süreçleri açısından kritik bir konu olup, geleneksel ölçüm yöntemleriyle tam anlamıyla değerlendirilememektedir. PLS-SEM, gizil değişkenlerin ölçümüne

olanak tanıyan güçlü bir istatistiksel modelleme yöntemi olarak, hayvan refahını etkileyen çok boyutlu ilişkileri belirleme ve analiz etme açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Araştırma sonuçları, PLS-SEM'in özellikle biyolojik stres, fiziksel aktivite ve büyüme gibi gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkileri modellemede etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Hayvanlarda refah seviyesinin değerlendirilmesi, yalnızca hayvanların sağlığını korumak açısından değil, aynı zamanda üretim verimliliğini artırmak ve ekonomik kayıpları azaltmak için de büyük önem taşımaktadır.

Hayvan refahı değerlendirmelerinde PLS-SEM gibi ileri istatistiksel modelleme yöntemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği söylenebilir. Özellikle, bu modelin farklı hayvan türlerinde, farklı yetiştirme koşullarında ve farklı çevresel faktörler altında test edilmesi, yöntemin güvenilirliğini artıracaktır. Ayrıca, biyolojik stres göstergeleri, metabolik parametreler ve davranışsal değişkenler gibi çoklu göstergeler üzerinden yapılan değerlendirmelerin daha fazla araştırılması, hayvan refahı ölçümlerinin daha kapsamlı hale gelmesini sağlayacaktır.

PLS-SEM'in yalnızca hayvan refahı çalışmalarında değil, genel anlamda hayvansal üretim süreçlerinin optimizasyonunda da etkin bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, yapay zeka ve makine öğrenimi ile entegre edilen PLS-SEM modelleri, hayvan refahına yönelik tahmin edici analizlerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, farklı hayvansal üretim sistemlerinde modelin uygulanabilirliğini değerlendiren uzun vadeli çalışmalar, yöntemin etkinliğini kanıtlamak adına önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, PLS-SEM yöntemi, hayvan refahının bilimsel olarak değerlendirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik güçlü bir araç olarak görülmekte olup, gelecekte bu yöntemin daha yaygın kullanımı hem akademik çalışmaların hem de endüstriyel uygulamaların daha doğru ve kapsamlı sonuçlar üretmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Broom, D. (2021). Farm animal welfare: A key component of the sustainability of farming systems. *Veterinarski glasnik*, 75(2), 145-151.
- Browning, H. (2023). Validating indicators of subjective animal welfare. *Philosophy of Science*, 90(5), 1255-1264.
- Castro, F. L. S., Chai, L., Arango, J., Owens, C. M., Smith, P. A., Reichelt, S., DuBois, C. & Menconi, A. (2023). Poultry industry paradigms: connecting the dots. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(1), 100310.
- Deb, B. C., Rahman, M. M., & Haseeb, M. (2024). Unveiling the impact on corporate social responsibility through green tax and green financing: a PLS-SEM approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(1), 1543-1561.
- Dwyer, C. M. (2020). Can improving animal welfare contribute to sustainability and productivity?. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(1), 61-65.
- EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Rojas, J.L.G., Schmidt, C.G., Herskin, M.S., Chueca, M.A.M., Padalino, B., Pasquali, P., Roberts, H.C., Spooler, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., Winckler, C., Tiemann, I., Jong, I.D., Gebhardt-Henrich, S.G., Keeling, L., Riber, A.B., Ashe, S., Candiani, D., Matas, R.G., Hempen, M., Mosbach-Schulz, O., Gimeno, C.R., Stede, Y.V.D, Vitali, M., Bailly-Caumette, E. & Michel, V. (2023). Welfare of broilers on farm. *EFSA Journal*, 21(2), e07788.
- Fedajev, A., Pantović, D., Milošević, I., Vesić, T., Jovanović, A., Radulescu, M., & Stefan, M. C. (2023). Evaluating the Outcomes of Monetary and Fiscal Policies in the EU in Times of Crisis: A PLS-SEM Approach. *Sustainability*, 15(11), 8466.
- Foroughi, B., Nhan, P. V., Iranmanesh, M., Ghobakhloo, M., Nilashi, M., & Yadegaridehkordi, E. (2023). Determinants of intention to use autonomous vehicles: Findings from PLS-SEM and ANFIS. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 70, 103158.
- Friedrich, L., Krieter, J., Kemper, N., & Czycholl, I. (2020). Iceberg indicators for sow and piglet welfare. *Sustainability*, 12(21), 8967.
- Gonzalez-Rivas, P. A., Chauhan, S. S., Ha, M., Fegan, N., Dunshea, F. R., & Warner, R. D. (2020). Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. *Meat science*, 162, 108025.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M. & Thiele K. O. (2017). Mirror, mirror on the wall: A comparative evaluation of composite-based structural equation modeling methods. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45(5), 616–632.

- Hair, Jr. J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P. & Ray S. (2021). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook (p. 197). Springer Nature.
- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139–151.
- Hair, Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2–24.
- Hartcher, K. M., & Lum, H. K. (2020). Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. *World's poultry science journal*, 76(1), 154-167.
- Hemsworth, P. H., Mellor, D. J., Cronin, G. M., & Tilbrook, A. J. (2015). Scientific assessment of animal welfare. *New Zealand veterinary journal*, 63(1), 24-30.
- Hwang, H., Malhotra, N. K., Kim, Y., Tomiuk, M. A., & Hong, S. (2010). A comparative study on parameter recovery of three approaches to structural equation modeling. *Journal of Marketing research*, 47(4), 699-712.
- Jilo, S. A., & Hasan, L. A. (2022). The Importance of Poultry Meat in Medicine: A Review. *Journal of World's Poultry Research*, 12(4), 258-262.
- Korver, D. R. (2023). Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. *animal*, 17, 100755.
- Krugmann, K. L., Mieloch, F. J., Krieter, J., & Czycholl, I. (2020). Investigation of influence of growing pigs' positive affective state on behavioral and physiological parameters using structural equation modeling. *Journal of Animal Science*, 98(2), skaa028.
- Kumar, P., Ahmed, M. A., Abubakar, A. A., Hayat, M. N., Kaka, U., Ajat, M., Goh, Y.M. & Sazili, A. Q. (2023). Improving animal welfare status and meat quality through assessment of stress biomarkers: A critical review. *Meat Science*, 197, 109048.
- Lashari, M. H., Memon, A. A., Shah, S. A. A., Nenwani, K., & Shafqat, F. (2018, November). IoT based poultry environment monitoring system. In 2018 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS) (pp. 1-5). IEEE.
- Lima, P. G. L., Bánkuti, F. I., Damasceno, J. C., dos Santos, G. T., Borges, J. A. R., & Ferreira, F. C. (2023). Factors influencing concentrate feeding: Dairy farmers' perceptions of dairy production system characteristics and market relations. *Animal-Open Space*, 2, 100041.
- Marchant-Forde, J. N. (2015). The science of animal behavior and welfare: Challenges, opportunities, and global perspective. *Frontiers in Veterinary Science*, 2, 16.
- Mench, J. (Ed.). (2017). *Advances in agricultural animal welfare: Science and practice*.

- Mysko, L., Minviel, J. J., Veysset, P., & Veissier, I. (2024). How to concurrently achieve economic, environmental, and animal welfare performances in French suckler cattle farms. *Agricultural Systems*, 218, 103956.
- Niloofar, P., Francis, D. P., Lazarova-Molnar, S., Vulpe, A., Vochin, M. C., Suciu, G., Balanescu, M., Anestis, V. & Bartzanas, T. (2021). Data-driven decision support in livestock farming for improved animal health, welfare, and greenhouse gas emissions: Overview and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106406.
- Reinartz, W., Haenlein, M., & Henseler, J. (2009). An empirical comparison of the efficacy of covariance-based and variance-based SEM. *International Journal of research in Marketing*, 26(4), 332-344.
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2021). Partial least squares structural equation modeling. In *Handbook of market research* (pp. 587-632). Cham: Springer International Publishing.
- Sharma, L., Bulsara, H. P., Bagdi, H., & Trivedi, M. (2023). Exploring sustainable entrepreneurial intentions through the lens of theory of planned behaviour: a PLS-SEM approach. *Journal of Advances in Management Research*, 21(1), 20-43.
- Silva, A., Mujica, P., Valdés, E., & Cañon-Jones, H. (2020). Hematology and blood chemistry reference values of captive adult black-faced ibis (*Theristicus melanopis melanopis*). *Animals*, 10(12), 2227.
- Tatemoto, P., Bernardino, T., Rodrigues, F. A. M. L., & Zanella, A. J. (2019). Does high stereotypic behavior expression affect productivity measures in sows?. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, e20180135.
- Temple, D., & Manteca, X. (2020). Animal welfare in extensive production systems is still an area of concern. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 545902.
- Vinzi, V. E., Trinchera, L., & Amato, S. (2010). PLS path modeling: from foundations to recent developments and open issues for model assessment and improvement. *Handbook of partial least squares: Concepts, methods and applications*, 47-82.
- Wickham, S.L., Collins, T., Barnes, A.L., Miller, D.W., Beatty, D.T., Stockman, C., Blache, D., Wemelsfelder, F. & Fleming, P. A. (2012). Qualitative behavioral assessment of transport-naïve and transport-habituated sheep. *Journal of Animal Science*, 90(12), 4523-4535.
- Wold, H. (1982). Soft modelling: the basic design and some extensions. *Systems under indirect observation, Part II*, 36-37.
- Wong, K. K. (2010). Handling small survey sample size and skewed dataset with partial least square path modelling. *Vue: The Magazine of the Marketing Research and Intelligence Association*, November, 20-23.

- Wong, K. K. (2011). Review of the book Handbook of Partial Least Squares: Concepts, Methods and Applications, by V. Esposito Vinzi, W.W. Chin, J. Henseler & H. Wang (Eds). International Journal of Business Science & Applied Management. 6 (2), 52-54.
- Wong, K. K. K. (2013). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) techniques using SmartPLS. Marketing bulletin, 24(1), 1-32.
- Yalçın, H., Doğan, Z., Sedat, Ş. E. N., Çetin, M., Göçmen, M., & Koçyiğit, A. (2021). The assessment of poultry welfare using partial least squares-path modelling (PLS-SEM): a modeling the effects of physical activity and stress on growth. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(1), 109-119.
- Yılmaz, V., Kınaş, Y. and Olgaç, S., (2024). Smart-PLS ile Yapısal Eşitlik Modellemesi, Detay Yayıncılık, 1. Baskı, s. 176.
- Zhang, W., Wang, H. F., Kuo, K., Wang, L., Li, Y., Yu, J., Feng, J. & Cheng, W. (2023). Contribution of Alzheimer's disease pathology to biological and clinical progression: A longitudinal study across two cohorts. Alzheimer's & Dementia.
- Zhong, H. X., Chang, J. H., Lai, C. F., Chen, P. W., Ku, S. H., & Chen, S. Y. (2024). Information undergraduate and non-information undergraduate on an artificial intelligence learning platform: an artificial intelligence assessment model using PLS-SEM analysis. Education and Information Technologies,, 29(4), 4371-4400.

BÖLÜM 2

Bıldırcın Beslenmesinde Sıcaklık Stresinin Etkileri

Nurcan Kırar¹ & Özlem Durğun²

¹ Dr., Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye, Orcid No: 0000-0002-2778-1789

² Harran Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye, Orcid No: 000 0002 8707 8278

Kanatlılarda Stres Faktörü

Stres, organizmanın savunma reaksiyonları ile stres etmenleri arasındaki karşılıklı etkileşim olarak tanımlanmaktadır (Freeman, 1987). Stres, birçok faktörden etkilendiği için tespiti oldukça zordur. Stres faktörleri, hayvanların homeostazisini tehdit eden, iç ya da dış kaynaklı olaylar olarak tanımlanabilir. İklimsel stres faktörleri, sıcak hava ve soğuk hava gibi çevresel koşulları içerirken, çevresel stres faktörleri aydınlık, karanlık ve taşıma gibi durumlarla ilişkilidir. Yeme bağlı stres faktörleri, özellikle tuz fazlalığı gibi beslenme unsurlarıyla ortaya çıkarken, fizyolojik stres faktörleri elektrik şoku ve anestezi gibi uygulamalardan kaynaklanabilir. Fiziksel stres faktörleri ise hareketsizlik veya birim alanda normalden fazla hayvan bulunması gibi durumlardan doğar. Sosyal stres faktörleri, sürünün yapısındaki değişiklikler sonucu meydana gelirken, psikolojik stres faktörleri korku gibi duygusal tepkilerle ilgili olarak ortaya çıkar (Yarsan ve Güleç 2003; Mench ve ark. 1986; El-Lethey ve ark. 2000; Mench, 1992).

Stres altındaki hayvanlarda mikrobiyel denge bozulmaktadır. Bu şartlardan bağırsak florası olumsuz etkilenmekte ve hastalıklara karşı direnç azalmaktadır. Stres koşullarından etkilenen kanatlılarda sindirim salgıları azalmakta ve sindirim düzensiz hale gelmektedir. Vücutta bulunan patojenler stres koşullarının oluşması ile bunun sonucunda savunma sistemini delerek bağırsak mikroflorasında düzensizlik oluşturmak isterler. Bağırsak mikroflorasında meydana gelen düzensizlikler nedeniyle patojenlerin sebep olduğu; iştah azalması, ishal, besin maddelerin hazmının zorlaşması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Üstündağ, 2009).

Stres durumunda organizmanın verdiği yanıt stresin zararlı etkilerini azaltmak yönündedir. Stres faktörlerine karşı endokrin, immun ve sinir sistemi karşılıklı olarak birbirlerini etkilemektedir. Beyin ve endokrin sistem arasındaki ilişki uzun yıllardır bilinmesine karşın immunolojik sistemle ilgili yanıtların düzenlenmesinde sinir ve endokrin sistemin etkileri yakın bir zaman öncesinde anlaşılmıştır. Stres yanıtlarının oluşmasında sinir, nöroendokrin ve immun sistem rol oynamaktadır (Yarsan ve Güleç 2003).

Kanatlılarda Sıcaklık Stresi ve Etkileri

Hayvan yetiştiriciliğinde verimliliği olumsuz yönde etkileyen en önemli çevresel etmenlerden biri sıcaklık stresidir (Yertürk ve ark. 2005). Kanatlıların kendilerini rahat hissettiği ve verim olarak fonksiyonlarını optimum bir şekilde gerçekleştirebildiği sıcaklık (termal nötral bölge) 14-25 °C aralığındadır (Etches

ve ark. 2008). Sıcaklık 25 °C'nin üzerinde ise ter bezlerinin bulunmaması, vücut yüzeyinin %95'inin tüylerle kaplı olması ve derilerinin içerdiği geniş yağ tabakası gibi sebeplerden kanatlılarda termoregülasyon yeterli sağlanamamakta ve sıcaklık stresi oluşmaktadır (Zhang ve ark. 2012).

Kanatlılarda sıcaklık stresi koşulları altında normal vücut sıcaklıklarını korumak için belirli morfolojik, fizyolojik ve davranışsal özellikler göstermektedir (Ahmad ve ark., 2022). Sıcaklık artışı sonucu ilk fizyolojik tepki yem tüketimini ciddi düzeylerde azaltıp su tüketimini arttırmak şeklindedir (Donkoh, 1989; Siegel, 1995). Sıcaklık stresine maruz kalan hayvanlarda, termal dengenin sağlanamaması veya artan solunum hızı sonucu homeostazisin bozulması, fiziksel aktivite, yumurta üretimi, yumurta ağırlığı ve yumurta kabuğu kalitesinde düşüşler gözlenir (Caurez ve Olo, 2013). Ayrıca, yüksek çevre sıcaklıkları kanatlıların morfolojik yapısı, hormon ve kan metabolit düzeyleri, sindirim ve metabolizma süreçleri, bağışıklık sistemi ve verimlilik üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Taşkın ve ark., 2015; Poyraz ve ark., 1991; Keçeci ve ark., 1995).

Sıcaklık stresinin kanatlılar üzerindeki olumsuz etkilerini önlemek amacıyla hayvanların rasyonlarına ve içme sularına vitamin ve mineral maddeler, çeşitli kimyasal maddeler, ilaçlar, antibiyotikler ve özellikle son yıllarda artan ölçüde bitki ekstraktları katılmaktadır.

Sıcaklık Stresinin Fizyolojik ve Biyolojik Etkileri

Hayvanın stresörlere karşı verdiği fizyolojik yanıt, genellikle üç temel mekanizma üzerinden gerçekleşir: hematolojik, hormonal ve enzimatik yanıtlar. Hematolojik yanıtlar, hayvanın stres durumuna karşı gösterdiği ilk tepkiler arasında yer alır ve bu yanıtlar, heterofil/lenfosit oranı (H:L), protein düzeyleri, glikoz, toplam kolesterol ve trigliserit gibi parametrelerle izlenebilir. Hormonal düzeyde ise, stresin etkisiyle özellikle kortikosteron hormonunun düzeyinde değişiklikler gözlemlenir. Enzimatik yanıtlar açısından ise, aspartat transaminaz, kreatin kinaz, alkalın fosfataz ve laktat dehidrojenaz gibi enzimlerin serum seviyelerinde değişiklikler meydana gelir (Gross ve Siegel, 1983). Bu fizyolojik değişiklikler, hayvanın stresle başa çıkma sürecinde yaşadığı biyolojik adaptasyonları ve tepkileri yansıtır (Yalçın, 2021).

Sıcaklık stresi, kanatlı hayvanlarda sağlık ve performansı olumsuz yönde etkileyen çeşitli biyolojik etkilere yol açmaktadır. Bu etkilerden biri, oksidatif stresin artışı ile ilişkilidir. Oksidatif stres, bağırsak geçirgenliğini artırarak ciddi sağlık sorunlarına, düşük büyüme oranlarına ve ekonomik

kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca, reaktif oksijen türlerinin (ROS) artışı, bağırsak bariyerinin bozulmasına ve toksik maddelerin vücuda emilmesine yol açmaktadır (Lara ve Rostagno, 2013). Oksidatif stres aynı zamanda protein karbonilasyonuna neden olarak, proteinlerin fonksiyonlarını bozar. Sıcaklık stresi, asit-baz dengesini de olumsuz etkiler; kanatlılar, nefes alırken CO₂ atılımını artırarak alkalozu neden olur, bu da asidoz ve performans düşüşlerine yol açabilir (Khan ve ark. 2023). Bunun yanı sıra, sıcaklık stresi bağışıklık sistemini baskılar ve aşı etkinliğini düşürerek enfeksiyon riskini artırır. Bu durum, kanatlıların büyüme performansını olumsuz yönde etkileyerek, özellikle karaciğer ve kaslar gibi ana organlarda gelişim bozukluklarına yol açar. Sıcaklık stresi altında antikor seviyelerinde azalma ve beyaz kan hücrelerinin sayısında düşüş gözlemlenir (Tang ve ark., 2022).

Kanatlılarda Sıcaklık Stresinin Azaltılması İçin Stratejiler

Sıcaklık stresiyle mücadele için çeşitli stratejiler uygulanmaktadır. Bu stratejiler, ortam sıcaklığını kontrol altına almak amacıyla gölgeleme sistemlerinin kullanılması, altlık nem içeriğinin düzenlenmesi, kümesteki nüfus yoğunluğunun azaltılması ve kanatlıların yemleme programlarının serin saatlere denk getirilmesi gibi önlemleri içermektedir. Ayrıca, sıcaklık stresinin yol açtığı ekonomik verim kayıplarını tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmasa da, barınak yapısı, yetiştirme teknikleri ve besleme uygulamaları gibi faktörlerle bu kayıpların en aza indirilmesi mümkündür. Suyun rolü, yem bileşenlerinin etkisi, barınaklardaki çevresel denetim ve erken yaşam şartlandırması gibi stratejilerle bu önlemler güçlendirilebilir. Üreticilerin sıcaklık stresine karşı hazırlıklı olması, sürü sağlığını korumak ve verimliliği artırmak için kritik öneme sahiptir (Thomas, 2024). Ayrıca, sıcaklık stresine dayanıklı ırkların genetik seçimi de önemli bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (Altan ve ark., 1995; Lara ve Rostagno, 2013). Bu bağlamda, sıcaklık stresi belirtilerinin doğru şekilde tespiti, besin takviyeleri, koksidiyostatlar, uygun havalandırma ve temiz su gibi önleyici stratejiler, kanatlıların ortam konforunu iyileştirerek verimliliklerini desteklemektedir.

Sıcaklık Stresi Altındaki Bildircinların Performansı Üzerine Literatür Çalışmaları

Yıldırım ve ark. (2022), sıcaklık stresinin bildircinlarda, yumurta üretimi ve yapılandırılmasının gerçekleştiği organlar olan, ovaryum ve ovidukt üzerine morfolojik etkisi ve bu etkinin probiyotik ile giderilmesini araştırmışlardır. Sonuç olarak sıcaklık stresine maruz bırakılan bildircinlarda, probiyotik etkili fermente

laktik asit bakterilerin yem katkı maddesi olarak uygulanmasının sarı folikül sayısının azalmasını ve canlı ağırlık kaybını engellediğini bildirmişlerdir.

Yang ve ark. (2010), sıcaklık stresinin etlik piliçlerde karaciğer antioksidan enzim aktivitelerini (katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz) ve MDA (malondialdehit) değerlerini önemli derecede artırdığını tespit etmişlerdir.

Dalkılıç ve ark. (2015), erken yaşta stres uygulanarak termotolerans kazandırılması amaçlanan bıldırcınların karma yemlerine eklenen portakal kabuğu esansiyel yağının akut sıcaklık stresine karşı büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 7-14. günler arasında büyümede önemli bir gerileme olduğunu bildirmişlerdir.

Tonbak ve Çiftçi (2012), bıldırcınlarda sıcaklık stresi üzerine yaptıkları çalışmada, 30°C'nin üzerindeki her 1°C'lik artışın yem tüketimini %4-5 oranında azalttığını bildirmişlerdir.

Yertürk ve ark. (2005) çalışmalarında, sıcak şartlarda yetiştirilen Japon bıldırcınlarında gece yemlemenin performans üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Sonuç olarak gece yemlemenin canlı ağırlık ve yemden yararlanmayı artırırken, yem tüketimi, ölüm oranı ve kan parametreleri üzerinde etkili olmadığını , civciv döneminde adlibidum, gelişme döneminde ise gece yemlemenin daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Adanır (2019) Sıcaklık stresi altındaki Japon bıldırcınlarına eklenen farklı oranlardaki probiyotiklerin büyüme, gelişme, yumurta verimi ve kan parametreleri üzerindeki etkileri incelemiştir. Sonuç olarak probiyotiklerin canlı ağırlık, yem tüketimi, yumurta verimi, kabuk özellikleri, yumurta sarısı ve kan parametrelerinden klor, total protein ve MDA üzerinde önemli etkiler yarattığını, ancak yumurta şekil indeksi, haugh birimi ve bazı kan parametrelerinde etkili olmadığını bildirmiştir.

Kaplan ve ark. (2006) sıcaklık stresine maruz kalan Japon bıldırcınlarına eklenen NaHCO₃ yem katkı maddesinin performans üzerindeki etkilerini incelemişler. Sonuç olarak, yem katkı maddesinin bıldırcınların performansı üzerinde olumlu etkiler sağladığı belirlemişlerdir.

KAYNAKÇA

- Adanır, S. (2019). Sıcaklık Stresine Maruz Kalan Japon Bildircinlarında Probiyotik Kullanımının Büyüme Gelişme ve Bazı Kan Parametrelerine Olan Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl, Türkiye.
- Ahmad, R., Yu, Y.-H., Hsiao, F. S.-H., Su, C.-H., Liu, H.-C., Tobin, I., and Cheng, Y.-H. (2022). Influence of heat stress on poultry growth performance, intestinal inflammation, and immune function and potential mitigation by probiotics. *Animals*, 12(17), 2297. <https://doi.org/10.3390/ani12172297>
- Altan, Ö., Altan, A., and Özkan, S. (1995). Tavukçulukta yüksek yaz sıcaklığının etkileri ve korunma yolları. *Hasad, Temmuz*, 44-48.
- Caurez, L. C., and Olo, C. F. (2013). Laying performance of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) supplemented with zinc, vitamin C, and E subjected to long-term heat stress. *International Conference on Agriculture and Biotechnology*, 60(12), 58-63.
- Dalkılıç, B., Şimşek, Ü. G., Çiftçi, M., and Baykalır, Y. (2015). Effect of dietary orange peel essential oil on physiological, biochemical and metabolic responses of Japanese quails as affected by early age thermal conditioning and fasting. *Revues Médicales Vétérinaires*, 166(5-6), 154-162.
- Donkoh, A. (1989). Ambient temperature: A factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *International Journal of Biometeorology*, 33, 259-265.
- El-Lethey, H., Aerni, V., Jungi, T. W., and Wechsler, B. (2000). Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *British Poultry Science*, 41(1), 22-28.
- Freeman, B. M. (1976). Stress and the domestic fowl: A physiological reappraisal. *World's Poultry Science Journal*, 32(3), 249-256.
- Freeman, B. M. (1987). The stress syndrome. *World's Poultry Science Journal*, 43(1), 15-19.
- Gross, W. B., and Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases*, 27(4), 972-979. <https://www.jstor.org/stable/pdf/1590198.pdf>
- Kaplan, O., Avcı, M., and Yertürk, M. (2006). Sıcaklık stresi altındaki bildircin karma yemlerine sodyum bikarbonat katkısının canlı ağırlık, yumurta verimi ve kalitesi ile bazı kan parametreleri üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 1(1-2), 33-38.
- Keçeci, T., and Kocabatmaz, M. (1995). Horozlarda stres ve askorbik asidin bazı kan metabolitleri üzerine etkisi. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 11, 29-33.

- Khan, R. U., Naz, S., Ullah, H., Ullah, Q., Laudadio, V., Qudratullah, . . . Tufarelli, V. (2023). Physiological dynamics in broiler chickens under heat stress and possible mitigation strategies. *Animal Biotechnology*, 34(2), 438-447. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1972005>.
- Lara, L. J., and Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(2), 356-369. <https://doi.org/10.3390/ani3020356>.
- Mench, J. A. (1992). The welfare of poultry in modern production systems. *Poultry Science Review*, 4, 107-128.
- Mench, J. A., Van Tienhoven, A., Marsh, J. A., McCormick, C. C., Cunningham, D. L., and Baker, R. C. (1986). Effects of cage and floor pen management on behavior, production, and physiological stress responses of laying hens. *Poultry Science*, 65(6), 1058-1069.
- Poyraz, Ö., İnan, M., and Akcan, A. (1991). Yüksek çevre sıcaklığının yumurtacı tavuklar üzerine etkisi II. Bazı fizyolojik özellikler. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 38(1-2), 84-99.
- Siegel, H. S. (1995). Stress, strains, and resistance. *British Poultry Science*, 36, 3-20.
- Tang, L.-P., Liu, Y.-L., Zhang, J.-X., Ding, K.-N., Lu, M.-H., and He, Y.-M. (2022). Heat stress in broilers of liver injury effects of heat stress on oxidative stress and autophagy in liver of broilers. *Poultry Science*, 101(10), 102085. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102085>.
- Taşkın, A., Şahin, A., Camcı, Ö., and Erener, G. (2015). Kanatlılarda anti-stres uygulamalarında yeni yaklaşımlar. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(7), 571-576.
- Thomas, A. (2024). Sıcaklık stresinin etkisiyle mücadele stratejileri. *Uluslararası Hayvan Yemi ve Yem Katkıları Dergisi*.
- Tonbak, F., and Çiftçi, M. (2012). Sıcaklık stresine maruz bırakılan bıldırcınlarda rasyona ilave edilen tarçın yağının (*Cinnamomum zeylanicum* L.) performans ve karkas özellikleri üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 26(3), 157–164.
- Üstündağ, A. Ö. (2009). Farklı düzeylerde enerji içeren karma yemlere probiyotik ilavesinin bıldırcınlarda büyüme performansı üzerine etkileri (Yüksek Lisans Tezi). *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı*.
- Yalçın, H. (2021). Hayvan refahının kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modellemesi (PLS-SEM) ile analizi (Doktora tezi). *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa*.
- Yang, X., Zhuang, J., Rao, K., Li, X., and Zhao, R. (2010). Effect of early feed restriction on hepatic lipid metabolism and expression of lipogenic genes in broiler chickens. *Research in Veterinary Science*, 89(3), 438–444.

- Yarsan,E., Gülec,M. (2003). Kanatlılarda stres, vitamin ve mineral uygulamaları. Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi. 55-63.
- Yertürk, M., Avcı, M., and Kaplan, O. (2005). Sıcak stresi altında yetiştirilen Japon bıldırcınlarında gece yemlemenin performans ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16(2), 11-15.
- YILDIRIM, Ö., AYDIN, S. S., Korkmaz, Ö., Korkmaz, D., Demircioğlu, İ., KIRAR, N., and Tekçe, A. (2022). Sıcaklık stresindeki bıldırcınlarda probiyotik uygulamasının ovidukt ve ovaryum morfolojisine etkileri. Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi, 33(1), 89-96.
- Zhang, Z. Y., Jia, G. Q., Zuo, J. J., Zhang, Y., Lei, J., Ren, L., and Feng, D. Y. (2012). Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. Poultry Science, 91(11), 2931-2937. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02255>

BÖLÜM 3

Arpada Anti Besinsel Faktörlerin Azaltılmasında Bazı Modifikasyonların Rolü ve Kanatlı Rasyonlarındaki Etkileri

Sabri Yurtseven¹ & Özlem Durğun²

¹ Prof. Dr., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye
ORCID: 0000-0002-6600-8772

² Harran Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye, Orcid No: 000 0002 8707 8278

GİRİŞ

Özellikle organik kanatlı yetiştiriciliğinde arpa kullanımına yönelik ilgi yeniden artmaktadır. Tek yıllık bir bitki olması nedeniyle, kısa süreli kanatlı üretim süreçlerinde hızlı bir mera kurulumu için değerlendirilmesi mümkün olup, bu durum kanatlı üretimini ekonomik açıdan daha avantajlı hale getirebilmektedir. Arpa, derin ve lifli bir kök sistemine sahip olması nedeniyle (Valenzuela ve Smith, 2002), kökleri bitki büyümesi ve gelişimi açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Kurak bölgelerde diğer tahıllara kıyasla daha yüksek verim sağlaması, kök sisteminin genişliği ile doğrudan ilişkilendirilmektedir (Chloupek ve ark., 2010). Ayrıca, arpa, hastalık, zararlı ve yabancı ot döngülerini kırma kapasitesine sahip olması sebebiyle sıklıkla ekim nöbeti sistemlerinde kullanılmakta ve tahıl dışı ürünlerle dönüşümlü ekimde önemli bir işlev görmektedir (Brown, 2003).

Bunun yanı sıra, arpa, diğer tahıllara kıyasla daha yüksek fotosentetik aktiviteye sahiptir (Karley ve ark., 2011). Bu özelliği nedeniyle arpa üretiminde kullanılan azot gübresi miktarı genellikle mısır ve buğdaya kıyasla daha düşük seviyelerde olmaktadır. Arpa (*Hordeum vulgare L.*), günümüzde mısır tarımı için uygun olmayan bölgelerde başarıyla yetiştirilmektedir. Kısa büyüme süresi ve erken olgunlaşma kapasitesine sahip olması, geniş bir iklim aralığında adaptasyon göstermesine olanak tanımaktadır. Ancak, yüksek nem ve sıcak iklim koşullarına karşı toleransı sınırlıdır. Küresel ölçekte arpa, mısır, pirinç ve buğdayın ardından en fazla üretilen dördüncü tahıl ürünü olup, Avrupa Birliği en büyük üretici konumundadır (Ulrich, 2011).

Arpadaki Bazı Anti Besinsel Faktörler

β-glukanlar:

Dünya genelinde ve Türkiye'de üretilen arpanın yaklaşık %85'i, büyükbaş ve küçükbaş hayvanlar ile kanatlılar da dahil olmak üzere hayvan yemi olarak kullanılmakta ve rasyonlarda temel yem bileşeni olarak yer almaktadır. Ancak, arpanın kanatlı hayvan beslenmesinde kullanımı, içerdiği bazı anti-besinsel faktörler nedeniyle dikkatle ele alınması gereken birtakım hususlar barındırmaktadır. Arpa bazlı rasyonlarla beslenen, özellikle büyüme dönemindeki kanatlılarda gözlemlenen düşük performans, uzun yıllar boyunca arpanın kabuğundaki yüksek lif içeriğine bağlanmış, ancak kabuksuz arpa çeşitleriyle yapılan besleme denemelerinde de benzer performans düşüşleri tespit edilmiştir (McNab ve Smithard, 1992).

Arpanın kanatlı rasyonlarında yoğun şekilde kullanılması sonucunda meydana gelen performans düşüklüğünün temel sebebi uzun yıllar boyunca tam olarak anlaşılamamış olup, yapılan araştırmalar bu olumsuz etkinin arpa bünyesinde bulunan β -glukanlardan kaynaklandığını ortaya koymuştur. Nitekim, belirli eksojen enzimlerin kullanımı yoluyla özellikle dane arpada β -glukan düzeyinin azaltılması, canlı ağırlık kazancı ve yemden yararlanma oranı gibi performans parametrelerinde gözle görülür iyileşmelere neden olmuştur. Arpa β -glukanlarının, endosperm hücre duvarı içeriğinin %70'ine kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (Chesson, 2001). Ayrıca, Åman ve Graham (1987), arpada β -glukan içeriğinin tüm dane içinde %3 ile %6,9 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Bu nedenle, yüksek oranda arpa kullanımını gerektiren yetiştirme koşullarında, β -glukanların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla enzim uygulaması zorunlu hale gelebilmektedir. Preece ve Mackenzie (1952), arpada bulunan β -d-glukan bileşiğini izole etmiş, White ve ark. (1981) ise arpada bulunan β -glukanın, mısır bazlı rasyonlara eklendiğinde büyüme performansında düşüşe yol açtığını ve sindirim örneklerinde viskozite artışına neden olduğunu bildirmiştir. β -glukanlar her ne kadar bağışıklık sistemini destekleyen ve antibiyotik alternatifleri olarak değerlendirilebilecek kimyasal bileşikler olsalar da (Jacop ve Pescatore, 2014), kanatlı bağırsak ortamında viskoziteyi artırarak bağırsak içeriğinin katılaşmasına ve yapışkan bir form almasına neden olmakta, dolayısıyla büyüme performansını olumsuz yönde etkilemektedirler. Arpa β -glukanlarının, maya ve mantarlarda bulunan β -glukanlarla benzer şekilde glikopiranosil molekülleri arasında (1 $\rightarrow$ 3)- β bağlarına sahip olduğu, ancak yan dallarının iskelete (1 $\rightarrow$ 4)- β bağları ile bağlı olduğu bildirilmektedir (Jacop ve Pescatore, 2014).

β -Glukan Analizi: Bitki örneklerindeki β -glukan miktarı, Megazyme firmasına ait β -glukan test kiti kullanılarak McCleary ve Glennie-Holmes (1985), McCleary ve Codd (1991) ile McCleary ve Mugford (1992) tarafından geliştirilen yöntemlerin modifiye edilmiş versiyonuna göre enzimatik olarak belirlenmiştir. Bu yöntem, örnekte bulunan β -glukanın glikoza dönüştürülmesi amacıyla likenaz ve β -glukozidaz ile muamele edilmesini, ardından açığa çıkan glikoz birimlerinin GOPOD (glikoz oksidaz-peroksidaz) reaktifi ile parçalanmasını ve oluşan renkli ürünün 510 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmesini esas almaktadır.

Fitik Asit:

Tahıllarda doğal olarak bulunan fitik asit, fosforu bağlayarak kanatlı hayvanlar için biyoyararlanımını azaltan önemli bir anti-besinsel faktördür.

Arpanın fitat içeriği, diğer tahıllarla kıyaslandığında buğday ve yulafa kıyasla daha düşük, ancak çavdara göre daha yüksek seviyelerde bulunmaktadır (Bartnick ve Szafrńska, 1987). Salarmoini ve ark. (2008), çeşitli arpa genotiplerinde toplam fosfor seviyelerini analiz etmiş, toplam fosfor içeriğinin tüm arpa örnekleri arasında benzer olmasına karşın fitat miktarında önemli farklılıklar gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında, fitat içeriğinin %0.55'ten daha düşük seviyelerden %1.38'e kadar değişebildiğini rapor etmişlerdir. Düşük fitat içeriğine sahip arpa çeşitlerinin geliştirilmiş olduğu bildirilmiş olup, bu çeşitlerde fosfor biyoyararlanımının normal arpa genotiplerinde %28 iken, düşük fitat içeren çeşitlerde %49'a kadar yükseldiği belirlenmiştir (Li ve ark., 2001a).

Kanatlı hayvanlar, fitatı parçalayarak bağlı fosforu serbest hale getirecek fitaz enzimini yeterli miktarda üretememektedir. Ancak, tahıl tohumları, çimlenme sürecinde embriyo gelişimi için fosforu kullanabilmek adına belirli seviyelerde fitaz aktivitesine sahiptir. Bununla birlikte, çoğu yem bileşeninde bitkisel fitaz aktivitesi ihmal edilebilir düzeyde olup, arpada belirli bir fitaz aktivitesinin mevcut olduğu bilinmektedir (Weremko ve ark., 1997).

Düşük fitat içeriğine sahip arpa çeşitlerinin geliştirilmesi, kanatlı rasyonlarında fosfor takviyesi gereksinimini azaltmanın yanı sıra, dışkı ile atılan fosfor miktarını %50 oranında düşürebilmektedir (Salarmoini ve ark., 2008). Bu durum, çevresel fosfor kirliliğini azaltma açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır (Jang ve ark., 2003). Ancak, dane arpada fitaz aktivitesinin etkinliği yeterince bilinmediğinden, fosfor biyoyararlanımını artırmaya yönelik ek stratejilerin uygulanması gerekebilmektedir.

Fitik Asit Analizi: Fitik asit miktarının tayininde, Haug ve Lantzsch'nin (1983) kolorimetrik yöntemi uygulanmaktadır. Bu analiz kapsamında, ince öğütülmüş örnekler 175 rpm hızında çalışan bir çalkalayıcıda, 180 dakika boyunca 0,2 M HCl ile ekstrakte edilmektedir. Ekstraksiyon işlemi takiben, çözümler 3000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilerek elde edilen berrak süpernatantlar analize tabi tutulmaktadır. Bu yöntemde, örneklerdeki fitik asit, Fe^{3+} iyonları ile çözünmeyen demir-fitik kompleksleri oluşturacak şekilde çöktürülmekte ve çöken Fe^{3+} miktarı, çökelmeyen kısmın bipyridin ile oluşturduğu renk değişiminin spektrofotometrik olarak ölçülmesiyle belirlenmektedir. Bu analiz sonucunda, çökelmeyen Fe^{3+} miktarı dikkate alınarak örneğin fitik asit konsantrasyonu hesaplanmaktadır (Haug ve Lantzsch, 1983).

Arpa Danesine Uygulanan Modifikasyonlar

Arpa, içeriğinde bulunan anti-besinsel faktörler nedeniyle kanatlı beslenmesinde bazı sınırlılıklara sahiptir. Geçmişte bu faktörlerin elimine edilmesi amacıyla enzim uygulamaları gibi pratik olmayan yöntemler denenmiştir. Ancak, çiftlik koşullarında ekonomik olarak uygulanabilir basit yöntemler de mevcuttur. Arpa, kanatlı beslenmesinde çeşitli şekillerde değerlendirilebilmektedir. Örneğin, doğrudan dane formunda rasyona eklenmesi, su ile ıslatılarak şişirilmesi, çimlendirilerek tüketime sunulması veya ekilerek otlatılması gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler, arpa tanesine uygulanan farklı modifikasyonları temsil etmekte olup, söz konusu modifikasyonların besin maddelerinin kullanılabilirliği üzerindeki etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Özellikle, arpanın kuru, ıslatılmış, çimlendirilmiş ya da otlatma amacıyla ekilmiş halde kullanımının β -glukan ve fitik asit içeriği üzerindeki etkileri önemli bir araştırma konusu teşkil etmektedir.

Tüm Dane Olarak Kullanım

Kanatlı hayvan beslenmesinde tahılların herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın doğrudan tüm dane formunda kullanımı, Avrupa, Avustralya ve Kanada'da yaygın bir uygulamadır (Biggs ve Parsons, 2009). Bu yöntem, yem maliyetlerini belirli bir düzeyde düşürebilmektedir. Taylor ve Jones (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, piliç rasyonlarına %20 oranında tüm dane arpa eklenmesinin bağırsak gelişiminde önemli değişikliklere yol açtığı belirlenmiştir. Araştırmada, proventrikulusun daha küçük olduğu, taşlığın ise daha büyük geliştiği ve genel performansın olumlu yönde etkilendiği ifade edilmiştir. Ancak, arpanın rasyondaki oranının %35'in üzerine çıkması durumunda, büyüme hızında düşüş ve civciv döneminde ölüm oranında artış gözlemlenmiştir.

Yumurtacı tavuklarda yapılan çalışmalar ise %60 oranında tüm dane arpa kullanımının yumurta özgül ağırlığında, yumurta üretiminde ve yumurta kabuğu dayanıklılığında azalmaya neden olduğunu ortaya koymuştur (Jacop ve Pescatore, 2014). Bununla birlikte, herhangi bir işleme tabi tutulmamış ve modifikasyon geçirmemiş tüm dane arpa, içerdiği β -glukan ve fitik asit seviyelerinde herhangi bir azalmaya neden olmamaktadır. Dolayısıyla, bu bileşenler kanatlılar için sindirim sisteminde viskoziteyi artırarak olumsuz etkilere yol açabilmekte ve dolayısıyla rasyonlara dahil edilmesi durumunda dikkatli olunmasını gerektirmektedir.

Tüm dane arpanın depolama süresi de içeriğindeki β -glukan seviyesini etkileyen önemli bir faktördür. Uzun süreli depolama koşullarında, arpa

tanelerinde β -glukan seviyesinde belirli bir azalma gözlemlenmiştir (Jeroch ve Danicke, 1995). Tüm tahıl taneleri, doğal olarak β -glukan parçalayabilen enzimleri içermektedir. Bu enzimlerin etkisiyle depolama süresi arttıkça, dane kabuğunda bulunan β -glukan molekülleri kısmen parçalanarak, içerdikleri glukoz bileşenleri gelişmekte olan embriyo tarafından kullanılmaya başlanmaktadır.

Islatma Yönteminin Kanatlı Beslenmesine Etkileri

Özellikle hindi ve kaz yetiştiricileri, bu hayvanların yüksek düzeyde yem tüketmeleri nedeniyle sık sık maliyetlerden şikâyet etmektedirler. Bu durum, birçok yetiştiricinin hindi ve kaz besiciliğinden vazgeçmesine sebep olmuştur. Ancak yetiştiriciliğe devam edenler, yüksek yem maliyetlerini azaltmak amacıyla kesif yemleri arpa ve mısır gibi tahıllarla belirli oranlarda karıştırarak rasyonu seyreltmeyi tercih etmektedirler. Bu doğrultuda, tahılların bir gece önceden ıslatılması suretiyle hacim ve ağırlıklarının artırılması sağlanmaktadır. Bu uygulama sayesinde, genişleyen ve ağırlaşan tahıllar, hayvanın kesif yem tüketimini azaltarak daha ekonomik bir besleme stratejisi sunmaktadır. Islatılmış tahıl kullanımının kanatlı hayvanların performansı üzerinde olumlu etkiler sağladığına dair çeşitli bulgular mevcuttur (Fry ve ark., 1968).

Islatma Yöntemi ve Beta Glukan Üzerine Etkileri:

Islatma işlemi, tahıl danelerinin üzerini örtecek kadar su eklenerek belirli bir süre bekletilmesi ile gerçekleştirilir. Özellikle arpa danesi üzerinde yapılan çalışmalar, ıslatma işleminin β -glukan seviyesinde anlamlı bir azalmaya neden olmadığını göstermektedir. Hatta, β -glukan seviyesinin hafif bir artış eğilimi gösterebileceği, bu bileşiğin sulu ortamlarda jel oluşturma kapasitesine bağlı olabileceği öne sürülmektedir (Annison & Choct, 1991). Bu etkinin olası nedenlerinden biri, ıslatma işlemiyle tahıl içerisindeki bazı endojen enzimlerin aktif hale gelmesi ve belirli ölçüde çözünebilen β -glukan seviyesindeki değişimler olabilir. Zaten tahılların, bu tür enzimatik süreçlerden korunması veya mikrobiyal bozulmaların önlenmesi için kuru ortamda saklanması önerilmektedir. Ancak, tahıl tanesini çevreleyen dış tabakanın sulu ortamda kısmen bozulması, karbonhidratların enzimlerin etkisine daha açık hale gelmesine yol açabilir. Bunun sonucunda, besin maddelerinin sindirilebilirliğinde iyileşme sağlanabilir. Ayrıca, ıslatılmış tahıllarda gelişen ve mevcut bulunan mikroorganizmaların ürettiği enzimler de besin maddelerinin sindirim etkinliğini artırabilir.

Bu yöntemde en fazla bir gece öncesinden ıslatma önerilmekte olup, daha uzun süreli ıslatma işlemleri küflenme ve bozulmalara yol açabilmektedir. Tahıl

danelerinin yemlemeden önce en az 30 dakika ile en fazla 24 saat arasında ıslatılması uygun görülmektedir (Adams & Naber, 1969).

Islak Beslemenin Sindirim Sistemi Üzerine Etkileri:

Yaşar ve Forbes (1999) tarafından yapılan çalışmalar, ıslak besleme yönteminin bağırsak sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini şu şekilde sıralamaktadır:

- Bağırsak viskozitesinin azalması,
- Sindirim segmentlerindeki villus tabakasının gelişiminin artması,
- Bağırsak epitelindeki kript hücrelerinin çoğalma hızının azalması.

Bu bulgular, ıslatma işleminin tahıllarda bulunan anti-besinsel faktörleri doğrudan azaltmasa bile, bağırsak ortamına yaptığı olumlu katkılar sayesinde bu tahılların daha verimli bir şekilde değerlendirilmesine yardımcı olabileceğini göstermektedir. Özellikle β -glukan kaynaklı bağırsak viskozitesinin, ıslak yemleme yöntemiyle belirli ölçüde azaltılabileceği ve bu etkinin olumsuz sonuçlarını geciktirebileceği ya da minimize edebileceği düşünülmektedir.

Çimlendirme (Hidroponik Üretim) ve Kanatlı Beslenmesine Etkileri

Hidroponik, yani topraksız tarım yöntemi, toprak ve arazi üzerindeki baskıyı azaltmak ve hayvanlar için taze yeşil yem üretmek amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar, hidroponik sistemlerde 130 m² alanda üretilen yeşil yemin, geleneksel tarım yöntemleriyle ancak 120 hektarlık bir tarlada üretilebileceğini göstermektedir (Karaşahin, 2014). Bu yöntemde en yaygın kullanılan yem bitkisi arpa olup, çimlenme yeteneğinin yüksek olması nedeniyle topraksız ortamda çimlendirilerek beslenmede başarılı sonuçlar vermektedir. Arpa çimlendirme yöntemi, koyun ve kuzu besisinde olduğu kadar kanatlı hayvan besisinde de etkili sonuçlar sağlamaktadır.

Hidroponik yem üretiminin en önemli avantajlarından biri, 1 kg arpa tanesinin iyi kontrol edilen koşullar altında bir hafta içinde 7 ila 10 kg taze ve besleyici yeşil yeme dönüşebilmesidir (Gebremedhin, 2015). Çimlendirme süreci, öncelikle tohumların en az 5 saat boyunca ıslatılması ve ardından çimlendirme tepsilerine serilerek günde iki kez sulanması esasına dayanmaktadır. Yaklaşık 8-10 gün sonunda, bitkiler 10-15 cm uzunluğa ulaşmakta ve kökleriyle birlikte hasat edilerek hayvanlara doğrudan tüketime sunulabilmektedir.

Çimlenme süreci sırasında, tohum proteinleri esansiyel amino asitlere, karbonhidratlar basit şekerlere ve yağlar esansiyel yağ asitlerine dönüşmekte, aynı zamanda enzim seviyelerinde belirgin bir artış meydana gelmektedir (Prakash, 2017). Hidroponik olarak çimlendirilmiş arpa, daha yüksek ham protein, ham lif, kül, mineral ve vitamin içeriği ile karakterize edilmektedir (Morgan ve ark., 1993). Araştırmalar, filizlenmiş arpada ham protein seviyesinin çimlenme süresiyle birlikte artış eğilimi gösterdiğini ve 7. ila 8. günlerde en yüksek seviyeye ulaştığını ortaya koymuştur (Gebremedhin, 2015).

Çimlenmenin β -glukan Seviyesine Etkileri

Çimlenme süreci sırasında meydana gelen enzimatik değişimler, arpa danesindeki β -glukan'ların yapısal bütünlüğünü bozarak önemli bir azalmaya yol açmaktadır. Özellikle, glikopiranosil molekülleri arasındaki (1 $\rightarrow$ 3) ve (1 $\rightarrow$ 4) yan dalların parçalanması, β -glukan içeriğini belirgin şekilde düşürmektedir. Hücre duvarı bileşeni olan β -glukan'ların, embriyonun gelişimi sırasında meydana gelen yapısal değişiklikler nedeniyle özellikle dane kabuğunda parçalanmaya uğradığı belirtilmektedir.

Bu süreçte kök oluşumunun da β -glukan seviyesinin azalmasında önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Hidroponik olarak çimlendirilmiş arpa, yoğun kök gelişimi gösterdiğinden, β -glukan parçalanması büyük oranda bu kısımda meydana gelmektedir. Yapılan gözlemler, hidroponik arpanın kök kısmının hindiler tarafından daha fazla tercih edilmesinin, sindirim açısından β -glukan seviyesindeki bu azalma ile ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Çimlenmenin Fitik Asit Seviyesine Etkileri

Çimlenme işlemi, yalnızca β -glukan seviyesinde değil, aynı zamanda fitik asit seviyesinde de bir azalmaya neden olmaktadır. Filizlenme sırasında minerallerin ve enzimlerin aktifleşmesi, anti-besinsel faktörlerin bir kısmının giderilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, fitik asit seviyesindeki azalma, β -glukan seviyesindeki azalmaya kıyasla daha düşük düzeyde gerçekleşmektedir. Bunun temel sebebi, fitik asidin bir fosfor bağlı formu olması ve β -glukan gibi bir hücre duvarı elementi niteliği taşımasıdır.

Ancak, araştırmalar çimlenme işleminin fitik asit seviyesinde %20-25 oranında bir düşüş sağladığını ve bu durumun fosfor kullanımını artırarak biyoyararlanımı iyileştirdiğini göstermektedir. Diğer tahıl taneleriyle karşılaştırıldığında, arpadaki fitik asit (fitat) seviyesinin nispeten daha düşük olduğu bildirilmiştir (Bartnick & Szafrńska, 1987). Bu nedenle arpa, fitat içeriği açısından diğer tahıllar kadar sorun teşkil etmemektedir.

Ancak, kanatlı rasyonlarında yüksek oranda arpa kullanımının ekonomik açıdan kaçınılmaz olduğu durumlarda, bu konunun göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Kanatlılar, fitik asidi parçalayacak enzimlere sahip olmadıkları için, arpa ağırlıklı besleme durumlarında fitaz enzimi takviyesi önerilmektedir.

Bununla birlikte, fitaz enzimi gibi maliyetli eklemeler yerine, çimlendirme yöntemi ile arpadaki hem β -glukan hem de fitik asit seviyeleri azaltılabilir. Çimlenmiş arpa kullanımı, aynı zamanda dışkıyla atılan fosfor miktarını düşürerek çevresel sürdürülebilirlik açısından da avantaj sağlayabilir (Salarmoini ve ark., 2008).

Hidroponik Çimlenmiş Arpa ve Hayvan Performansı Üzerine Etkileri

Arpanın çimlenme süreci sırasında, epinefrin benzeri aktivite gösteren ve kalp uyarıcı etkisi bulunan bir alkaloid olan hordenin oluşmaktadır. Hordenin ve diğer alkaloidlerin, yem tüketimi, yem lezzeti ve hayvanların canlı ağırlık kazancı üzerinde olumlu etkiler gösterdiği bildirilmektedir (Marten, 1976).

Bu bulgular ışığında, hidroponik çimlendirme yönteminin yalnızca besin içeriğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda sindirim kolaylığı sağlaması ve anti-besinsel faktörleri azaltması açısından da önemli bir besleme stratejisi sunduğu söylenebilir.

Mera Teşkil Etmek Amacıyla Arpa Ekimi ve Etkileri

Arpanın mera oluşturma amacıyla ekimi, hidroponik çimlendirme yöntemine benzer etkiler göstermektedir. Çünkü bu süreçte de çimlenme, kök gelişimi ve çeşitli enzimatik değişimler meydana gelmektedir. Ancak, mera tesisinin hidroponik arpadan temel farkı, sürecin daha uzun vadeli olması ve otlama sonrası bitkinin yeniden büyüyerek otlatmanın devam edebilmesidir.

Tarla alanlarında yem bitkisi üretiminin yetersiz kalması ve meraların aşırı otlatma nedeniyle yükünün azaltılması amacıyla, baklagiller ve buğdaygillerin saf ya da karışık ekiminden oluşan yapay meralar giderek yaygınlaşmaktadır. Bu bağlamda, kısa süreli yapay mera oluşturma amacıyla arpa en iyi seçeneklerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Arpanın, başağa yatmadan önceki büyüme dönemlerinde karbonhidrat içeriği yüksek olup sindirilebilirliği oldukça iyidir (Baytekin ve ark., 2005). Mera amaçlı ekilen arpanın, başaklanmadan önce 20-25 cm boya ulaştığında otlatılması tavsiye edilmektedir (Gökkuş ve ark., 2017). Zira, arpa başaklandığında hem koyun hem de kanatlı hayvanlar için lezzetini yitirmekte, sararmakta ve otlatılma

niteliğini kaybetmektedir. Başaklanmış arpalar, özellikle kuzular, hindiler, kazlar ve tavuklar tarafından tüketilemez hale gelmektedir. Ancak arpa, başağa yatmadan önce, ekimden sonraki 2-3 aylık süreçte yüksek verimli bir otlatma performansı sergilemektedir.

Mera amaçlı ekilen arpanın çimlenme sürecinde, kimyasal bileşiminde önemli değişimler meydana gelmektedir. Özellikle β -glukan ve fitik asit gibi anti-besinsel faktörlerde belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. Bu değişimlerin en önemlisi β -glukan seviyesinde olup, fitik asit miktarında da dikkate değer bir düşüş görülmektedir. Bu durum, yüksek miktarda arpa stoğuna sahip üreticilerin, arpayı değerlendirme noktasında iki farklı yöntemle başvurabileceğini göstermektedir:

Hidroponik Çimlendirme: Eğer üreticiler hızlı bir yem kaynağına ihtiyaç duyuyorsa, yalnızca bir haftalık çimlendirme süreci ile hidroponik arpa üretimi gerçekleştirebilir ve güvenle kullanabilirler.

Toprağa Ekim ve Mera Besisi: Daha uzun vadeli bir planlama söz konusu olduğunda, üreticiler arpayı toprağa ekerek yaklaşık bir ay içinde yeşil mera elde edebilir ve bu sayede hindi, tavuk veya kaz besisini mera destekli olarak gerçekleştirebilirler.

KAYNAKLAR

- Adams, O. L., and Naber, E. C. (1969). Effect of physical and chemical treatment of grains on growth of and feed utilization by the chick: 1. The effect of water and acid treatments of corn, wheat, barley, and expanded or germinated grains on chick performance. *Poultry Science*, 48(4), 853–858.
- Aman, P., and Graham, H. (1987). Analysis of total and insoluble mixed-linked (1→3), (1→4)- β -d-glucans in barley and oats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35(5), 704–709.
- Annisson, G., and Choct, M. (1991). Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Science Journal*, 47(3), 232–242.
- Bartnick, M., and Szafrńska, I. (1987). Changes in phytate content and phytase activity during germination of some cereals. *Journal of Cereal Science*, 5(1), 23–28.
- Baytekin, H., Yurtman, İ. Y., and Savaş, T. (2005). Süt keçiciliğinde kaba yem üretim organizasyonu. *Süt Keçiciliği Ulusal Kongresi*, 26-27 Mayıs 2005, İzmir.
- Biggs, P., and C. M. Parsons. (2009). The effects of whole grains on nutrient digestibilities, growth performance and cecal short-chain fatty acid concentrations in young chicks fed ground corn-soybean meal diets. *Poultry Science*, 88(9), 1893–1905.
- Brown, B. D. (2003). Rotation factors and field selection. In L. D. Robertson and J. C. Stark (Eds.), *Idaho Spring Barley Production Guide* (Publ. BUL 742). University of Idaho, Moscow.
- Chesson, A. (2001). Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: Influence of ingredients on the selection of activities. *World's Poultry Science Journal*, 57(3), 251–263.
- Chloupek, O., V. Dostal, T. Středa, V. Psota, and O. Dvořáková. 2010. Drought tolerance of barley varieties in relation to their root system size. *Plant Breed.* 129:630–636.
- Fry, R. E., J. B. Allred, L. S. Jensen, and J. Mc Ginnis. (1958). Influence of enzyme supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains for poults. *Poultry Science*, 37(5), 372–375.
- Gebremedhin, W. K. (2015). Nutritional benefit and economic value of feeding hydroponically grown maize and barley fodder for Konkan Kanyal goats. *Journal of Agricultural and Veterinary Science*, 8, 24–30.
- Gökkuş, A., Birer, S., and Alatürk, F. (2017). Farklı anız yükseklikleri kalacak şekilde yapılan biçimlerin arpanın ot verimi ve kalitesine etkileri. *KSU Journal of Natural Sciences*, 20(Özel Sayı), 121–125.

- Haug, W. and Lantzsch, H. J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(12), 1423–1426.
- Jacob, J. P., and Pescatore, A. J. (2014). Barley β -glucan in poultry diet. *Annals of Translational Medicine*, 2(2), 20.
- Jang, D. A., and Fadel, J. G., and Klasing, K. C., and Mireles Jr., A. J., and Ernst, R. A., and Young, K. A., and Cook, A., and Raboy, V. (2003). Evaluation of low-phytate corn and barley on broiler chick performance. *Poultry Science*, 82(11), 1914–1924.
- Jeroch, H., and Danicke, S. (1995). Barley in poultry feeding: A review. *World's Poultry Science Journal*, 51(3), 271–291.
- Karaşahin, M. (2014). Kaba yem kaynağı olarak hidroponik arpa çimi üretiminde kuru madde ve ham protein verimleri üzerine farklı uygulamaların etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 27–33.
- Karley, A. J., and Valentine, T. A., and Squire, G. R. (2011). Dwarf alleles differentially affect barley root traits influencing nitrogen acquisition under low nutrient supply. *Journal of Experimental Botany*, 62(9), 3917–3927.
- Li, Y. C., and Ledoux, D. R., and Veum, T. L., and Raboy, V., and Zyla, K., and Wikiera, A. (2001a). Bioavailability of phosphorus in low phytic acid barley. *Journal of Applied Poultry Research*, 10(1), 86–91.
- Li, Y. C., and Veum, T. L., and Raboy, V., and Zyla, K. (2001b). Low phytic acid barley improves performance, bone mineralization, and phosphorus retention in turkey poults. *Journal of Applied Poultry Science*, 10(2), 178–185.
- Marten, G. C., and Jordan, R. M., and Hovin, A. W. (1976). Biological significance of reed canarygrass alkaloids and associated palatability variation to grazing sheep and cattle. *Agronomy Journal*, 68, 909–914.
- McCleary, B. V., and Cood, R. (1991). Measurement of (1-3), (1-4)- β -D-glucan in barley and oats: A streamlined enzymic procedure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55, 303–312.
- McCleary, B. V., and Glennie-Holmes, M. (1985). Enzymic quantification of (1-3), (1-4)- β -D-glucan in barley and malt. *Journal of the Institute of Brewing*, 91(5), 285–295.
- McCleary, B. V., and Mugford, D. C. (1992). Interlaboratory evaluation of β -glucan analysis methods. In *The changing role of oats in human and animal nutrition: Proceedings of the Fourth International Oat Conference*, October 19–23, Adelaide, Australia.
- McNab, J. M., and Smithard, R. R. (1992). Barley β -glucan: An antinutritional factor in poultry nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 5, 45–60.

- Morgan, J., and Hunter, R. R., and O'Haire, R. (1993). Limiting factors in hydroponic barley grass production. In *Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture* (pp. 241–261). Hunter's Rest, South Africa, October 2–9, 1993.
- Prakash, D. S. (2017). Effect of replacement of concentrate mixture by maize hydroponic fodder on performance of goats (Master's thesis). Maharashtra Animal and Fishery Sciences University, Nagpur, India.
- Preece, I. A., and Mackenzie, K. G. (1952). Non-starchy polysaccharides of cereal grains. I. Fractionation of barley gums. *Journal of the Institute of Brewing*, 58, 353–362.
- Salarmoini, M., and Campbell, G. L., and Rossnagel, B. G., and Raboy, V. (2008). Nutrient retention and growth performance of chicks given low-phytate conventional or hull-less barleys. *British Poultry Science*, 49, 321–328.
- Taylor, R. D., and Jones, G. P. D. (2004). Influence of whole grain inclusion in pelleted broiler diets on proventricular dilatation and ascites mortality. *British Poultry Science*, 45, 247–254.
- Ullrich, S. E. (2011). *Barley: Production, improvement, and uses*. Wiley Blackwell.
- Valenzuela, H., and Smith, J. (2002). *Barley*. Sustainable Agriculture Green Manure Crops Publ. SA-GM-3. Accessed February 22, 2012. <http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/GreenManureCrops/barley.pdf>.
- Weremko, D., and Fandrejewski, H., and Zebrowska, T., and Han, I. K., and Kim, J. H., and Cho, W. T. (1997). Bioavailability of phosphorus in feeds of plant origin for pigs—a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 10, 551–566.
- White, W. B., and Bird, H. R., and Sunder, M. L., and Prentice, N., and Burger, W. C., and Marlett, J. A. (1981). The viscosity interaction of barley β -glucan with *Trichoderma viride* cellulase in the chick intestine. *Poultry Science*, 60, 1043–1048.
- Yasar, S., and Forbes, J. M. (1999). Performance and gastro-intestinal response of broiler chickens fed on cereal grain-based foods soaked in water. *British Poultry Science*, 40, 65–76.

BÖLÜM 4

Turunçgil Yetiştiriciliğinde Önemli Bir Zararlı Olan Turunçgil Unlubiti (*Planococcus citri* RISSO, Hemiptera: Pseudococcidae) Zararlisinin Önemi ve Mücadele Yöntemleri

Murat Helvacı¹

¹ Yrd. Doç. Dr. , Lefke Avrupa Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ORCID ID : 0000-0003-0539-8030

1. Giriş

Zararlı böcekler tarımsal üretimde ekonomik anlamda ciddi sorunlar yaratmaktadır. Bazı böcekler virüs ve bakteri hastalıklarının yayılmasında vektör böcek olarak rol almakta, bazıları ise ciddi zararlara neden olarak ürün kayıplarına neden olmaktadır. Şeftali yaprakbiti (*Myzus persicae* Sulzer) ve Tütün Beyaz Sineği veya Tatlı Patates Beyaz Sineği (*Bemisia tabaci* Gennadius) gibi zararlı böcekler virüs hastalıklarını, Asya Turunçgil Psilidi (*Diaphorina citri* Kuwayama) gibi zararlı böcekler ise Huanglongbing (Yeşillenme hastalığı) gibi tehlikeli ve yıkıcı bakteri hastalıklarını yaymaktadır. Bu zararlı böcekler içerisinde Unlu bit zararlısı da mücadelesi zor ve ekonomik anlamda ciddi zararlara neden olan zararlı böcek türlerinden bir tanesidir. Unlu bitler (Hemiptera: Pseudococcidae) dünya çapında çok çeşitli tarla bitkileri, meyve bitkileri ve süs bitkileri üzerinde son derece ekonomik öneme sahip zararlılar olarak kabul edilmektedir (Bartlett ve Lloyed, 1958; Franco ve ark., 2004). Unlu bitler turunçgil ağaçlarının kökleri hariç tüm kısımlarını istila eder (Canhilal ve ark., 2001). Turunçgil unlubiti (*Planococcus citri* Risso) turunçgil bahçeleri ve fidanlıklarının polifag zararlısıdır (Rung ve ark., 2009). Subtropikal ve tropikal bölgelerde farklı turunçgil türleri ve diğer meyve ağaçlarından oluşan geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir. Nimf evresi ve ergin dişi ağaçlarda zarara neden olur (Goldasteh ve ark., 2009). Turunçgil unlu bitinin bitki zararı, çok sayıda unlu bit tarafından çıkarılan özsu kaybından kaynaklanır ve solmuş, bozulmuş ve sararmış (klorotik) yapraklar, erken yaprak dökümü, bodur büyüme ve bazen istila edilmiş bitkilerin veya bitki parçalarının ölümü ile sonuçlanır. Unlu bitler tarafından salgılanan yapışkan, şekerli özsu bal özü olarak adlandırılır ve istila alanının altındaki nesnelerin üzerine düşer. İslî küf adı verilen siyah bir mantar, bal özü ile kaplı yapraklarda kolonileşerek yaprakların karanlık ve çirkin görünmesine neden olur (Hill, 1983). Turunçgil unlubiti gibi tüm unlu bit türleri koruyucu mumlarla kaplı olduklarından, kriptik davranışlar sergileyebildiklerinden ve hızla direnç geliştirebildiklerinden insektisitlerle kontrol edilmeleri zordur (Blumberg ve Van Driesche, 2001; Franco ve ark., 2004). İnsektisitlere karşı direnç gelişimi, alternatif böcek kontrol yöntemleri arayışındaki en önemli itici güçlerden biri olmaktadır (Niekerk ve Malan, 2012). Bu bölümde, Turunçgil unlu biti zararlısının turunçgil üretiminde neden olduğu zarar, bu zararlı böceğin biyolojisi (yaşam döngüsü) ve bu zararlı böceğe karşı kullanılan mücadele yöntemlerinden bahsedilecektir.

2. Tanımı

Ergin dişilerin bıraktığı yumurtalar, turunçgil bitkilerinin gövde ve saplarında ovisak adı verilen beyaz, pamuksu kitleler halinde birikerek bitkilerin üzerine yayılmış pamuk görüntüsü verir. Parlak, açık sarı yumurtalar ovaldir ve yaklaşık 0,3 mm uzunluğundadır (Kerns ve ark. 2001; Meyers, 1932). Nimfler ovisaklardan çıkar ve tipik olarak yaprakların, genç dalların ve meyvelerin alt tarafındaki orta damarlar ve damarlar boyunca yerleşirler. İki meyvenin birbirine değdiği yerlerde veya meyvelere yapışan yapraklarda da bulunabilirler. Yarıklarda saklanma alışkanlıkları nedeniyle düşük popülasyonda olan nimfler kolayca gözden kaçabilir. İlk dönemin nimfleri tarafından salgılanan balmumu ve bal özü unlu bitin var olduğunun görünür göstergeleridir. Nimfler sarı, oval şekilli, kırmızı gözlü ve beyaz mumsu parçacıklarla kaplıdır (Griffiths ve Thompson 1957). Turunçgil unlubiti yumuşak, oval, düz bir gövdeye sahiptir ve gövde kenarı boyunca dikenlere uzanan beyaz bir balmumu ile 18 çift numaralandırılmış uzun mumsu filamentlere sahiptir (Kütük ve ark., 2014). Erginlerin boyları 3 mm (dişiler) ile 4,5 mm (erkekler) arasında değişir. Dişiler kanatsız, beyazdan açık kahverengiye kadar değişen renklerde, kahverengi bacaklı ve antenlidir. Dişi unlubitler kanatsızdır ve bu nedenle kısa mesafelerde sürünebilmelerine rağmen sonraki konukçu bitkilere taşınmaları gerekir. Olgunlaşmamış olanlar rüzgarla savrulabilir. Dişiler konukçu bitkiye bağlı olarak 29 güne kadar yaşayabilir. Erkekler dişilere benzer renktedir ve geriye doğru çıkıntı yapan iki uzun beyaz mum ipliğine sahiptir. Yetişkin erkekler kanatlıdır ve bu nedenle çiftleşme amacıyla yeni konukçu bitkilere uçabilirler (Gill ve ark., 2012). Ortaya çıktıktan sonra erkekler bir ila iki gün yaşar ve bu süre zarfında beslenemezler. Unlu bitler, erkek pupa hariç, yaşam döngüleri boyunca hareketli kalırlar (Griffiths and Thompson 1957, Polat et al. 2008).

3. Biyolojisi (Yaşam Döngüsü)

Turunçgil unlu biti (*Planococcus citri* Risso) ve diğer unlu bit türleri (*Planococcus spp.*) pembe renkli yumurtalara sahiptir ve 2 ila 10 gün içinde gelişir. Yumurtalar ergin dişinin vücudunda gelişir ve canlı doğum yoluyla birinci yıldız nimfleri olarak serbest bırakılır (Mani ve ark., 2011). İlk dönem nimf çok aktif ve sarımsı pembe renkli olduğu için sürüngen (crawler) olarak bilinir. Ergin dişi kanatsızdır ve 3 mm uzunluğunda ve 1,5 mm genişliğinde beyaz pamuk mumu ile kaplı pembemsi bir vücuda sahiptir. Her yetişkin yaklaşık 300 ila 600 yumurta bırakabilir (Puspitasari ve ark., 2023). Ergin erkekler yaklaşık 29 günde cinsel olarak olgunlaşır (25°C'de yetiştirildiklerinde) ve yaklaşık 2 günlük kısa bir yaşam süreleri vardır ve bu süre boyunca beslenmezler (Ross ve ark., 2011).

Kış boyunca unlu bitler ergin dişi veya yumurta evrelerinde turunçgil ağaçlarının gövdelerindeki çatlakları ve oyukları işgal eder. Erken ilkbaharda (sıcaklığa bağlı olarak Nisan sonu veya Mayıs başında) bu kış uykusu alanlarından çıkarlar. Bir yıl içinde üst üste üç ila altı nesil meydana gelir, ancak sadece bir döngü (İlkbahar-Yaz) turunçgil yetiştiricileri için büyük endişe kaynağıdır ve Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde Haziran ayının başında en yüksek popülasyonlar meydana gelir (Kütük ve ark., 2014). Turunçgil unlu biti dahil tüm unlu bit türlerinin embriyonik gelişimi, dişi erginin bir erkek tarafından döllenen yavru üretebildiği deuterotoky partenogenez tipindedir. Dişi erginlerin üreme dönemi, doğurganlığı ve yaşam süresi preovipozisyon, ovipozisyon ve post-ovipozisyon aşamalarında gözlemlenebilir. Dişinin olgunlaşmasından nimflerin salınmasına kadar geçen süre 9-20 gün (ortalama 15,76 gün), ardından nimflerin yumurtlaması 4-15 gün (ortalama 7,9 gün) ve yumurtlama sonrası ölüme kadar geçen yaşam süresi 0-6 gün (ortalama 1,1 gün) arasında değişmektedir. Bu zararlı böcek, 20-29 °C sıcaklık aralığında hayatta kalabilir ve çoğalabilir. Bu böceğin yaşam döngüsündeki en yıkıcı dönemleri nimf ve ergindir, bu da böceği plantasyonlarda potansiyel bir zararlı yapmaktadır (Puspitasari ve ark., 2023).

4. Konukçu Bitkiler

Turunçgil unlubiti ve diğer unlu bit türleri, farklı plantasyonlarda potansiyel olarak ürün kayıplarına neden olan zararlılardır. Bu zararlı kozmopolit ve polifagtır; çeşitli konukçu bitkilerde yaşayabilir ve çoğunlukla kahve, kakao ve turunçgillerde bulunur. Ayrıca kaju, guava, pamuk, şeker kamışı, domates, kasava (manyok), şeker elması, ananas, kauçuk, avokado ve diğer bahçe bitkilerinde de rapor edilmiştir (Puspitasari ve ark., 2023). Diğer konukçu bitkiler arasında *Amaryllis* sp. (Jersey zambağı), *Asparagus* sp., *Begonia* sp., *Bougainvillea* sp., *Cactus* sp., *Canna* sp. (Canna zambağı), *Citrus* sp., *Cocos nucifera* (Hindistan cevizi), *Solenostemon* sp. (Kolyos çiçeği), *Codiaeum* sp. (Kroton), *Cucumis melo* (kavun), *Cucurbita* sp., *Cyclamen* sp. (Çuha çiçeği veya İran menekşesi), *Cyperus* sp. (Yassı saz), *Dahlia* sp., *Dioscorea* sp. (Yer elması), *Euphorbia* sp. (Süt otu), *Ficus* sp. (İncir), *Fragaria* sp. (Çilek), *Gardenia* sp., *Impatiens* sp. (Mücevher otları), *Ipomoea batatas* (Tatlı patates), *Mangifera indica* (Mango), *Musa* sp. (Muz), *Narcissus* sp. (Nergis), *Nicotiana* sp., *Oryza latifolia* (Çim), *Phoenix dactylifera* (Hurma ağacı), *Punica granatum* (Nar), *Pyrus communis* (Armut), *Pyrus malus* (Elma), *Rosa* sp., *Solanum melongena* (Patlıcan) ve *Tulipa* sp. (Lale) yer almaktadır (Martin ve Mau 2007, McKenzie 1967). Jadhav ve ark (1996) yaptıkları çalışmada Hindistan'da turunçgil unlubitinin konukçusu olarak soya fasulyesini bildirmişlerdir. Bunun yanında yapılan bir diğer çalışmada ise, Ahmed ve Abd-Rabou (2010) yaptıkları

çalışmada Mısır'da turunçgil unlubitinin 56 cinse ait 65 bitki türünü istila ettiğini bildirmiştir (Gill ve ark., 2012).

5. Zararı

Turunçgil unlubiti polifag bir zararlı olup konukçu bitkilerin yeni gelişen sürgünleri, yaprakları, çiçek tomurcukları ve dalları ile beslenir. Turunçgil unlubiti kolonileri toplu halde yaşarlar ve genç yaprakların alt tarafında veya meyvenin gözenekli bezlerinin etrafında toplanma eğilimindedirler (Kerns ve ark., 2001). Unlubitler, stilet olarak bilinen delici/emici ağızlarıyla bitkilerin floem damarlarından beslenirler (Pitino ve ark., 2014). Bu delici beslenme alışkanlığı, bitkinin özsuyunu kurutarak bitkiye zarar verir ve bu da bitkide canlılık eksikliği yaratır. *P. citri*'nin bitki virüsleri gibi hastalık yapıcı organizmaları konukçularına bulaştırdığı da bildirilmiştir (Kubiriba et al., 2001; Watson and Kubiriba, 2005; Goldasteh et al., 2009). Bu zararlı, bitki özsuyunu emerek konukçu bitkilere zarar verir ve bu da solgun, çarpık ve sararmış klorotik yapraklara, erken yaprak dökülmesine, bodur büyümeye ve zarar görmüş bitkilerin veya bitki parçalarının zaman zaman ölümüne neden olur. Bir turunçgil unlubiti kümesi bir meyve sapı boyunca beslenirse, meyve dökülmesi meydana gelebilir. Zararlı, pamuksu balmumu salgılayarak bitkilerin şeklini daha da bozar. Turunçgil unlubiti tarafından salgılanan şekerli bal özü, istila edilmiş bitkilerin yapraklarını, dallarını ve meyvelerini kaplayarak siyah renkte fumajin adı verilen küf oluşumuna neden olur. Fumajin, çirkin görünümünün yanı sıra yaprakların fotosentez kapasitesini azaltarak meyve kalitesini de düşürebilir. Zarar en çok ilkbahar ve sonbaharda görülmektedir (Erdemir ve Erler, 2017). Şiddetli unlubit istilaları %80 yaprak dökümü ve %100 meyve kaybına neden olabilmektedir (Iyongo ve Ukwela, 2024).

6. Mücadele Yöntemleri

Turunçgil unlu bitisi ile mücadelede insektisit uygulamaları başta olmak üzere biyolojik mücadele adını verdiğimiz faydalı böceklerin kullanımı ile zararlı popülasyonunu baskı altına alma yöntemi çoğunlukla kullanılmaktadır. Bu iki mücadele yönteminin yanında kültürel mücadele yöntemi de uygulanmaktadır. Kültürel mücadele yöntemi olarak ağaçlarda budama yapılmakta ve yapılan budama ile ağaçların iç kısmı açılarak hava sirkülasyonu sağlanmakta ve böylece ağaç içerisindeki nem düşürülerek unlu bit popülasyonunun artmasına engel olunabilmektedir. Unlu bit türleri nemi, popülasyonu ve aynı zamanda zarar oranını artırdığı için tercih etmektedir. Az önce bahsedilen budama yöntemi ile ağacın iç kısmındaki nem oranı düşürülebilmektedir. Turunçgil unlubiti zararlısının kontrolü genellikle insektisit kullanımına dayanmakta, ancak bu

böcek insektisit uygulamalarına yüksek düzeyde direnç gösterebilmektedir (Flaherty ve ark. 1982). Buna ek olarak, pestisit penetrasyonunun zor olduğu kabuk altındaki korunaklı bölgelerde lokalize olmaları nedeniyle kontrolleri zor olmaktadır (Geiger ve Daane 2001). Ayrıca, unlu bitler genellikle tüm vücudu kaplayan ve insektisit penetrasyonuna karşı bir bariyer görevi gören beyaz, mumsu bir salgının varlığı ile karakterize edilir. Tekrarlanan kimyasal uygulamalar, unlubitlerin doğal düşmanlarını da olumsuz etkilemektedir. Biyolojik kontrol esas olarak predatörlere, hymenopter parazitoitlere ve coccinellid predatörlere bağlıdır (Demirci ve ark., 2011). Doğal düşmanların korunması turuncgil unlubiti kontrolünde ilk adım olmaktadır. Ancak, doğal biyolojik mücadele her zaman zararlı popülasyonunu ekonomik olarak zarar verici seviyenin altında tutmak için yeterince baskılayamayabilmektedir. Bununla birlikte, egzotik doğal düşmanlar olan *C. montrouzieri* (predatör) ve *L. dactylopii* (parazitoid) salımları, insektisit kullanımına gerek kalmadan etkili bir kontrol sağlamaktadır. Unlu bit popülasyonunu kontrol etmek için kritik dönem Mayıs ortasından yaza kadardır. Zararlı popülasyonunun başlangıcını kaçırmamak için, önceki yıllarda turuncgil unlubitinin sorun olduğu bahçelerde karınca mücadelesinin yanı sıra kış aylarında yazlık yağ uygulaması ve istilanın başlangıcında *C. montrouzieri* ve/veya *L. dactylopii* salımları önemli uygulamalardır (Öztop ve ark., 2011). Üreticiler genellikle Turuncgil unlubiti popülasyonlarını kontrol etmek için rusatlı (spirotetramat, yazlık yağ) ve ruhsatsız (chlopyrifos-ethyl) aktif maddeli insektisitleri uygulamakta ve doğal düşmanların salınımını yaparak biyolojik mücadele yoluna başvurmaktadır (Kütük ve ark., 2014). Zararlıının kontrolünde tek bir uygulamanın yetersiz kaldığı durumlarda pestisitlerin tekrar tekrar uygulanması gerekebilir. Bu zararlı ile mücadelede kullanılan organofosfat insektisitler asetilkolinesterazı, yani sinir sinapslarında uyarıcı nörotransmitter asetilkolinin etkisini sonlandıran enzimi inhibe ederek hedef organizmalarda hipereksitasyona neden olur. Geleneksel olarak *P. citri* mücadelesinde yer alan asetilkolinesteraz inhibitörleri arasında dört organofosfat kontakt insektisit bulunmaktadır. Bu dört insektisit Chlopyrifos (chlopyrifos-ethyl olarak da bilinir), chlopyrifos-methyl ve daha az ölçüde methidathion ve malathion'dur (Mansour ve ark., 2018). Günümüzde Türkiye ve birçok Avrupa ülkesinde insektisit uygulamaları yerine predatör böcek olan *Cryptolaemus montrouzieri* ve parazitoid böcek olan *Leptomastix dactylopii* bu zararlı böcek ile biyolojik mücadelede kullanılmaktadır.

7. Sonuç

Tarımsal üretimde zarara neden olan birçok farklı böcek türü bulunmaktadır. Bazı zararlı böcekler neden oldukları zarar yanında virüs ve bakteri hastalıkları gibi yıkıcı etkilere sahip olan hastalık etmenlerini yaymada vektör böcek olarak rol almaktadır. Tatlı Patates beyazsineği (*Bemisia tabaci*), Yaprak biti (*Myzus persicae*), Asya Turunçgil Psilidi (*Diaphorina citri*) ve Turunçgil unlubiti (*Planococcus citri*) vektör böcek olarak rol alan zararlı böcek türlerinden en önemlileridir. Turunçgil unlu bitinin dişi ergini diğer unlu bit türlerinde olduğu gibi vücudunda yer alan mumsu tabaka yüzünden kimyasal mücadele yöntemi ile popülasyonu kontrol altına almak zor olabilmektedir. Fakat yinede, bazı insektisitler bu zararlıya karşı kullanılmaktadır. Kimyasal mücadelenin yanında kültürel ve biyolojik mücadele yöntemleri de kullanılmakta ve olumlu sonuçlar alınmaktadır. Kültürel mücadele yöntemi olarak ağaç içerisindeki nemi azaltmak ve hava sirkülasyonunu sağlamak için budama yöntemi uygulanmaktadır. Bu zararlının nemin yüksek olduğu ortamlarda popülasyonu artmakta ve bu şekilde popülasyon dengelenmektedir. Tabiki kültürel mücadele yöntemi tek başına fayda sağlamamaktadır. Bu sebeple, bu zararlı ile mücadelede en etkili yöntem olan biyolojik mücadele ajanları kullanılarak zararlı popülasyonu baskı altına alınmaktadır. Turunçgil unlubiti ile kimyasal kullanarak mücadele etmek etkili sonuç veremeyeceği için özellikle biyolojik mücadele yöntemine başvurmak ve bu yöntemde başvururken hem zararlı böceğin hem de kullanılacak biyolojik mücadele ajanının biyolojisini (yaşam döngüsü) bilmek biyolojik mücadele yönteminin başarısını daha çok artıracaktır.

Kaynakça

- Ahmed, N. H., & Abd-Rabou, S. M. (2010). Host plants, geographical distribution, natural enemies and biological studies of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso)(Hemiptera: Pseudococcidae). Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology, 3(1), 39-47.
- Bartlett, B. R., & Lloyd, D. C. (1958). Mealybugs attacking citrus in California—a survey of their natural enemies and the release of new parasites and predators. Journal of Economic Entomology, 51(1), 90-93.
- Blumberg, D., Franco, J.C., Suma, P., Russo, A., & Mendel, Z. (2001) Parasitoid encapsulation in mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) as affected by the host parasitoid association and superparasitism. Boll. Zool. Agrar. Bachic. 33:385-395.
- Canhilal, R., Uygun, N., & Carner, G.R., (2001). Effects of temperature on development and reproduction of a predatory beetle, *Nephus includens* Kirsch (Coleoptera: Coccinellidae). J. Agric. Urban Entomol. 18, 117–125.
- Demirci, F., Muştu, M., Bora Kaydan, M., & Ülğentürk, S. (2011). Laboratory evaluation of the effectiveness of the entomopathogen; *Isaria farinosa*, on citrus mealybug, *Planococcus citri*. Journal of Pest Science, 84, 337-342.
- Erdemir, T., & Erler, F. (2017). Repellent, oviposition-deterrent and egg-hatching inhibitory effects of some plant essential oils against citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae). Journal of Plant Diseases and Protection, 124, 473-479.
- Flaherty, D., Peacock, W., Bettiga, L., & Leavitt, G. (1982). Chemicals losing effect against grape mealybug. California agriculture, 36(5), 15-16.
- Franco, J. C., Suma, P., da Silva, E. B., Blumberg, D., & Mendel, Z. (2004). Management strategies of mealybug pests of citrus in Mediterranean countries. Phytoparasitica, 32, 507-522.
- Geiger, C. A., & Daane, K. M. (2001). Seasonal movement and distribution of the grape mealybug (Homoptera: Pseudococcidae): developing a sampling program for San Joaquin Valley vineyards. Journal of economic entomology, 94(1), 291-301.
- Gill, H.K., Goyal, G., & Gillet-Kaufman, J. (2012). Citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso) (Insecta: Hemiptera: Pseudococcidae) (<http://edis.ifas.ufl.edu/in947>) EENY-Entomology and Nematology, Florida Cooperative Extension Service. University of Florida.
- Goldasteh, S., Talebi, A. A., Fathipour, Y., Ostovan, H., Zamani, A., & Shoushtari, V. R. (2009). Effect of temperature on life history and population growth parameters of *Planococcus citri* (Homoptera, Pseudococcidae) on coleus

- [*Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd.]. Archives of Biological Sciences, 61(2), 329-336.
- Griffiths, J.T., & Thompson, W.L. (1957). Insects and mites found on Florida citrus. University of Florida Agricultural Experiment Station Bulletin 591: 30-33.
- Hill, D.S. (1983). *Planococcus citri* (Rossi). pp. 217. In *Agricult. Insect Pests of the Tropics and Their Control*, 2nd Edition. Cambridge Univ. Press. 746 pages.
- Iyongo, T. T., & Ukwela, M. (2024). Morphometry of the Citrus Mealybug *Planococcus citri* (Risso) and its Feeding Impact on the Proximate Composition of Citrus Species Leaves in Makurdi Southern Guinea Savanna, Nigeria. *Sahel Journal of Life Sciences FUDMA*, 2(1), 214-221.
- Jadhav, R. G., Madane, N. P., & Kathamale, D. K. (1996). Record of soybean as a new host in India for citrus mealybug.
- Kerns, D., Wright, G., & Loghry, J. (2001) Citrus mealybug (*Planococcus citri*). Part of the publication "Citrus arthropod pest management in Arizona", Cooperative Extension, University of Arizona. <https://cals.arizona.edu/crop/citrus/insects/citrusmealy.pdf>. Accessed 10November 2016.
- Kubiriba, J., Legg, J.P., Tushemereirwe, W., & Adipala, E. (2001). Vector transmission of banana streak virus under greenhouse conditions in Uganda. *Annals of Applied Biology* 139: 37-49.
- Kütük, H., Karacaoglu, M., Tüfekli, M., Satar, G., & Yarpuzlu, F. (2014). Study on field evolution of citrus mealybug (*Planococcus citri* Risso)(Hemiptera: Pseudococcidae) management in Finike county of Antalya, Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 16(3), 101-107.
- Mani, M., Krishnamoorthy, A., & Shivaraju, C. (2011). Biological suppression of major mealybug species on horticultural crops in India. *Journal of horticultural sciences*, 6(2), 85-100.
- Mansour, R., Belzunces, L. P., Suma, P., Zappalà, L., Mazzeo, G., Grissa-Lebdi, K., Russo, A., & Biondi, A. (2018). Vine and citrus mealybug pest control based on synthetic chemicals. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 1-20.
- Martin, J.L., & Mau R.F.L. (2007). Crop knowledge master: *Planococcus citri* (Rizzo). EXTension ENTOMology & UHCTAHR Integrated Pest Management Program. University of Hawaii (14 February 2019)
- McKenzie H.L. (1967) Mealybugs of California with Taxonomy, Biology, and Control of North American Species (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae). University of California Press, Berkeley, 526 pp.
- Meyers, L.E. (1932). Two economic greenhouse mealybugs of Mississippi. *Journal of Economic Entomology* 25: 891-896.

- Öztop, A., Koçlu, T., Elekçioğlu, N., Karacaoğlu, M., Tekşam, İ., Ölçülü, M., Karataş, A., Canihoş, E., Aksoy, E., & Bülbül, F. (2011). Turunçgil Bahçelerinde Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, General Directorate of Agricultural Research, Ankara, Turkey, 171.
- Pitino, M., Hoffman, M.T., Zhou, L., Hall, D.K., & Stocks, K. (2014). The phloem sap feeding mealybug *Ferrisia virgata* carries *Liberibacter asiaticus* population that do not cause disease in host plants. PLOS ONE 9(3): e92757. Florida USA. 1371 pp.
- Polat, F., Ulgenturk, S., & Kaydan, M.B. (2008). Developmental biology of citrus mealybug, (Risso), (Hemiptera: Pseudococcidae), on ornamental plants. pp. 177-184. In M. Branco, J.C. Franco, and C. Hodgson (eds.), Proceedings of the XI international symposium on Scale Insect Studies, Lisbon, Portugal, 24-27 September 2007, Oeiras, Portugal. ISA Press, Lisbon, Portugal.
- Puspitasari, M., Susilawati, S., Hapsari, A. D., & Harni, R. (2023). Mealybug (*Planococcus spp.* Hemiptera: Pseudococcidae) as a pest on plantation crops and its control techniques: A review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1133, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- Ross, L., Dealey, E. J., Beukeboom, L. W., & Shuker, D. M. (2011). Temperature, age of mating and starvation determine the role of maternal effects on sex allocation in the mealybug *Planococcus citri*. Behavioral ecology and sociobiology, 65, 909-919.
- Rung, A., Miller, D. R., & Scheffer, S. J. (2009). Polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism method to distinguish three mealybug groups within the *Planococcus citri*-*P. minor* species complex (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae). Journal of economic entomology, 102(1), 8-12.
- van Niekerk, S., & Malan, A. P. (2012). Potential of South African entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae) for control of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Pseudococcidae). Journal of Invertebrate Pathology, 111(2), 166-174.
- Watson, G.W., & Kubiriba, J. (2005). Identification of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) on banana *Musa sapientum* (L.) and plantain *Musa paradisiaca* (L.) in Africa. African Entomology 13(1): 35-47.

BÖLÜM 5

Tatlı Su Levreği (*Perca fluviatilis* L. 1758)'ne Genel Bakış

Kamil Atsatan¹

¹ Arş. Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi
ORCID: 0000-0001-8692-7234

GİRİŞ

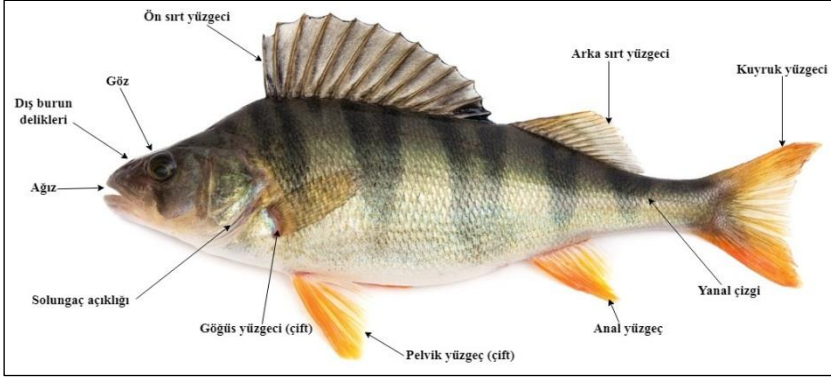
Tatlısu levreği (*Perca fluviatilis*), Percidae familyasına ait, orta büyüklükte bir tatlı su balığıdır (McDowall, 1996). İlk olarak 1730 yılında Peter Artedi tarafından İsveç göllerinde tanımlanmış ve daha sonra 1758’de Carl Linnaeus tarafından Artedi’nin araştırmalarına dayanarak resmi olarak sınıflandırılmıştır (Thorpe, 1977; Pimakhin vd., 2015). Percidae familyası, 10 cins ve 195 türden oluşmaktadır (Berra, 2001). Fosil kayıtları verilerine göre, *Perca* cinsinin yaklaşık 19,8 milyon yıl önce, erken Miyosen döneminde ortaya çıktığı tahmin edilmektedir (Stepien vd., 2015). Bu cins, tanımlanmış üç tür içermektedir:

- *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758)
- *Perca flavescens* (Mitchill, 1814; yaygın olarak sarı levrek olarak bilinir ve Kuzey Amerika’da geniş bir dağılıma sahiptir)
- *Perca schrenckii* (Kessler, 1874; yaygın olarak Balkhash levreği olarak bilinir ve Orta Asya’daki göllerle sınırlı bir dağılıma sahiptir).

MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Tatlısu levreğinin vücudu yanlardan biraz yassılaşmış ve oval şekilli ktenoid pullarla örtülüdür. Yanal çizgi yukarıya doğru kavis yapmıştır ve kuyruk yüzgecine kadar uzanmaz. Sırtın anterior bölgesi kambur görünüştedir. Preoperkül üzerinde çok sayıda tırtıklar bulunur, postoperkül ise kuvvetli ve diken şeklinde olan bir çıkıntı ile sonuçlanır. Ağız büyük yapılı olup, palatin ve vomer kemikleri üzerinde sivri dişler taşır. Baş uzunluğu total vücut boyunun ¼’ü kadardır. Gözler arasında kalan kafatası bölgesi pulsuz olmakla beraber, yanak kısımları ktenoid pullarla örtülüdür. Dorsal yüzgeçler birbirine çok fazla yaklaşmıştır. Gözler nispeten iri olup, başın tepesine yakın yerde bulunur ve çapları baş boyunun 1/5-1/6’sı kadardır. 1. dorsal yüzgeç, aşağı yukarı önden arkaya doğru azalır. Anal yüzgeç, 2. dorsale nazaran biraz daha geriden başlar. Kuyruk yüzgeci hafif girintili ve lopların ucu yuvarlaktır. Vücudun genel rengi esmer-yeşil görünümündedir. Yan taraflarında sayıları 6-8 arasında değişen ve enine uzanan koyu-yeşil bantlar bulunur. Birinci dorsalın posterior kısmında siyah renkli büyükçe bir benek vardır. Ventral, anal ve kaudal yüzgeçler genellikle portakal kırmızısı, diğerleri ise renksizdir. Vücut uzunluğu en çok 50 cm kadar olabilir (Şekil 1). Yerel ve bölgesel koşullar, tatlısu levreği popülasyonlarının vücut büyüklüğünü ve morfolojisini de etkilemektedir (Persson 1987; Olsson vd., 2007; Kerstin ve Petersson, 2023). Özellikle sıcaklık, tatlısu levreğinin boyutunu önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Daha sıcak göllerde tatlısu levreği popülasyonu daha yüksek olduğu için bireylerin ortalama

boyu genellikle azalır; çünkü bu tür göllerde daha fazla birey bulunması, kaynaklar için daha yoğun bir rekabet oluşmasına neden olur (Kerstin ve Petersson, 2023).

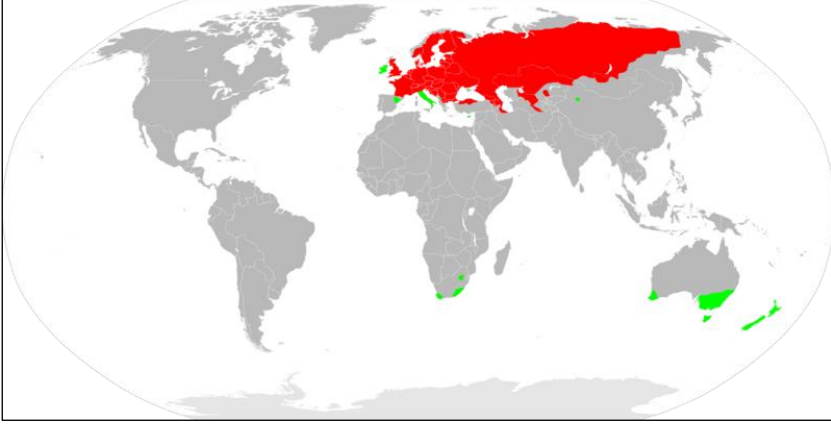


Şekil 1. *P. fluviatilis* anatomik özellikleri

ÜREME BİYOLOJİSİ VE KÜRESEL DAĞILIMI

Genellikle yavaş akan nehirleri sevse de bazen göllerde de bulunabilir. Çoğu zaman sazlık ve kamışlık zonlarla köprü altlarındaki büyük taşlar ve kayalar arasında rastlanır. Üreme zamanı Nisan-Haziran arası olup, yumurtalarını 1-2 m boyunda ve 2-3 cm genişliğindeki şeritler halinde bırakır. Cinsel olgunlaşma 2-3 yaşında gerçekleşir. Olgun bir dişi balık 200 bin kadar yumurta verebilir. Aşağı yukarı bütün Avrupa’da yaygın olan bu form, ülkemizde Küçük Çekmece, Sapanca, Ladik ve Balıklı gölleriyle Samsun, Bafra ve Terme yörelerindeki akarsulardan rapor edilmiştir. Başlıca gıdasını krusteseler, böcek larvaları, balık yavruları ve küçük balıkların erginleri oluşturur (Geldiay ve Balık, 1988). Tür, Büyük Britanya’nın bazı bölgeleri, Kuzey Avrupa ve Asya’nın kuzey kesimleri de dahil olmak üzere Kuzey İskandinavya, Adriyatik havzası; Maritza ve Struma’dan Aliakmon drenajlarına kadar Ege Denizi havzası; Aral Gölü havzası ve doğuda Sibirya’daki Kolyma Nehri’ne kadar uzanan bölgelerde doğal olarak bulunmaktadır (Froese ve Pauly, 2022). Rekreatsyonel ve ticari balıkçılık ile su ürünleri yetiştiriciliği açısından önemli bir tür olup, doğal yaşam alanı olan Britanya ve Avrasya dışında, kasıtlı veya kazara birçok farklı bölgeye yayılmıştır. Bu bölgeler arasında Çin (Walker ve Yang, 1999; Ma vd., 2003; Xu vd., 2022), Kıbrıs (GISD, 2017); İtalya (Bianco ve Ketmaier, 2001), İberya (Elvira ve Almodóvar, 2001; Leunda, 2010; Ribeiro vd., 2008; Banha vd., 2015), Yunanistan (Economidis vd., 2000; Economou vd., 2007); Portekiz (Banha vd., 2015), Avustralya (Allen vd., 2002), Yeni Zelanda (Clements, 1988), Güney

Afrika (Thorpe, 1977,), Zimbabve (Dube ve Kamusoko, 2013), İrlanda (DIAS, 2004) ve Korsika (Fransa) (Esposito vd., 2024) bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. *P. fluviatilis* dünyadaki yayılım alanları (Kırmızı: Doğal yayılım alanı, Yeşil: Tanıtım nedeniyle doğal olmayan dağılım alanı)

Tatlısu levreği, nehir ağzlarında, her tür göller ve orta büyüklükteki akarsular gibi geniş bir habitat yelpazesinde bulunmasıyla bilinmektedirler (Berglund, 1978; Pen ve Potter, 1992; Saemi Komsari vd., 2014; Baranov, 2021). Habitat kullanımları, ontogenetik gelişimlerinin farklı evrelerine göre değişmektedir (Persson, 1988; Eklöv, 1997). Larvalar, genellikle açık su alanlarında yaşamakta ve kısmen akıntılar tarafından dağıtılmaktadırlar (Coles, 1981). Larvalar yüzgeçlerini geliştirmeye başladıklarında, kıyıya daha yakın bölgelere hareket etmektedirler (Coles, 1981; Eklöv, 1997). Coles (1981), Kuzey Galler'deki bir gölette larval levreklerin dağılımını incelemiş ve bütün larvaların, toplam uzunluklarının 19 mm'ye ulaştığında kıyıya daha yakın bölgelere hareket ettiklerini bildirmiştir. Tatlısu levrekleri büyüdükçe, açık su bölgesinden daha derin bölgelere ya da tipik olarak daha kıyı kesimlere doğru hareket ederler (Persson 1988; Eklöv, 1997). Sonuç olarak, hem kıyı bölgelerde hem de açık su bölgelerinde bulunurlar (Persson, 1988; Eklöv, 1997).

GENETİK VE FENOTİPİK ÇEŞİTLİLİĞİ

Tatlısu levreği üzerine, geniş yayılımı ve sportif balıkçılık ile akuakültür açısından popülerliği nedeniyle çeşitli konularda kapsamlı bir literatür oluşturulmuştur (Pimakhin vd., 2015). Ancak mevcut geniş literatüre rağmen, türün biyolojisi veya ekolojisi üzerine kapsamlı bir derleme çalışması yapılmamıştır. Bununla birlikte, böyle bir derleme çalışması, tür hakkındaki genel anlayışımızı pekiştirmek ve bilgi eksiklikleri ile sınırlılıkları belirlemek

açısından gereklidir. Ayrıca, tatlısu levreğinin dünya çapında geniş yayılımının nedenlerini anlamak, ekolojik etkilerini değerlendirmek gerekmektedir.

Tatlısu levreği, dağılım alanı boyunca genetik özellikler açısından coğrafi farklılıklar göstermektedir (Nesbø vd., 1999; Vanina vd., 2019). Örneğin, Nesbø vd. (1999), Avrupa'nın farklı bölgelerinden 55 popülasyon ile bir Sibirya popülasyonunun genetik varyasyonunu mitokondriyal DNA (mtDNA) D-loop dizileme ve RAPD (Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA) markörleri kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada, su havzaları ve bölgeler arasında her iki markör için de yüksek düzeyde genetik farklılaşma olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacıların bu bulguları, günümüzde Batı ve Kuzey Avrupa'da bulunan tatlısu levreği popülasyonlarının üç ana kaynaktan türediğini göstermiştir: Kuzeydoğu Avrupa, Güneydoğu Avrupa ve Batı Avrupa (Nesbø vd., 1999). Benzer şekilde, Vanina vd. (2019), Polonya, Çekya ve Slovakya'daki üç tatlısu levreği popülasyonunda dört farklı mitokondriyal markör kullanarak genetik varyasyonu incelemiş ve popülasyonlar arasında genetik farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle, Polonya popülasyonunun diğer popülasyonlardan genetik olarak belirgin şekilde farklı olduğunu bildirmişlerdir. Coğrafi olarak farklı popülasyonlar arasındaki genetik farklılıklar genellikle fenotipik farklılıklarla ilişkilidir (Mandiki vd., 2004; Mélard vd., 2004; Vanina vd., 2019). Örneğin, Mélard vd. (2004), Avrupa'nın farklı bölgelerinden temin edilen tatlısu levreklerinin kontrollü deneysel koşullarda büyümesini incelemişlerdir. Larvalardan başlayarak 200. günde, kuzeydoğu Fransa'dan gelen balıkların vücut ağırlığının, kuzey İtalya'dan gelenlere göre %76 daha fazla olduğunu, Belçika'dan temin edilenlerin ise güneybatı Fransa'dan gelenlere göre %56 daha fazla olduğunu bulmuşlardır (Mélard vd., 2004). Mandiki vd. (2004) de benzer şekilde, Avrupa'nın farklı bölgelerinden gelen tatlısu levreği popülasyonları arasında büyüme hızları ve hayatta kalma oranlarında farklılıklar gözlemlemişlerdir. En düşük hayatta kalma ve büyüme potansiyellerinin, güney Avrupa popülasyonlarında olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak, genetik ve fenotipik farklılıklar arasındaki ilişkinin neden-sonuç ilişkisi taşımadığını unutmamak gerekir, çünkü fenotipik esneklik (Bergek ve Björklund, 2009) bu ilişkiye etki etmektedir.

BESLENME DAVRANIŞLARI

Tatlısu levreği, vücut boyutları arttıkça beslenme davranışlarını değiştiren karnivor bir balık türüdür (Kottelat ve Freyhof 2007; Cicala vd., 2020). Larva dönemindeki levrekler, pelajik organizmalar (zooplankton gibi) tüketerek başlamakta (Allen, 1935), büyüdükçe daha büyük omurgasızları (örneğin böcek larvaları) yemeye devam etmektedirler (Haakana vd., 2007; Frankiewicz ve Wojtal-Frankiewicz, 2012). Yetişkin hali geldiklerinde ise balıklarla beslenmeye başlamaktadırlar (Allen, 1935; Persson, 1988). Balıklarla beslenme evresi, yaklaşık 110-185 mm uzunluğuna ulaştıklarında gerçekleşir (Allen, 1935; Horppila vd., 2000; Wedderburn ve Barnes, 2016). Örneğin, Allen (1935), İngiltere'deki Windemere Gölü'nde yerli tatlısu levreklerinin yaklaşık 165 mm uzunluğunda balıklarla beslenmeye başladığını gözlemlemiştir; oysa Pen ve Potter (1992), yerli olmayan tatlısu levreklerinin güneybatı Avustralya'da 120 mm uzunluğunda balıklarla beslenmeye başladığını bildirmiş, Morgan vd. (2002) ise Batı Avustralya'da 150 mm'de başladığını belirtmişlerdir. Wedderburn ve Barnes (2016), Güney Avustralya'daki Alexandrina Gölü'nde tatlısu levreklerinin yaklaşık 110 mm uzunluğunda balıklarla beslenmeye başladığını tespit etmişlerdir.

Levrek yetiştiriciliğinde, özellikle kanibalizm ve beslenmeme davranışı nedeniyle ölüm oranlarının yüksek olması, en önemli sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir (Baras vd., 2003; Kestemont vd., 2003; Babiak vd., 2004; Król ve Zieliński, 2015). Kanibalizm, birçok kültür balığı türünde, predatör olmayan türler de dahil olmak üzere görülmektedir; ancak, özellikle larva ve juvenil evrelerde, balıkçıl türlerde daha yaygın görünmektedir (Smith ve Reay, 1991; Hecht ve Pienaar, 1993; Baras ve Jobling, 2002; Król vd., 2014). Yetiştiricilik yapılan levrek türlerinde kanibalizm, üretimde %50'yi aşan kayıplara yol açan önemli bir sorundur (Baras vd., 2003; Kestemont vd., 2003; Babiak vd., 2004; Hamza vd., 2007; Kestemont vd., 2007; Król vd., 2015; Król ve Zakęś, 2016). Kanibalizm, çoğunlukla larvaların boyut heterojenliğinden kaynaklanmaktadır; bu da genellikle çevre ve popülasyon yapısı gibi etkileşimli ve etkileşimsiz faktörlerden etkilenmektedir (Kestemont vd., 2003). Yüksek boyut varyasyonu, kanibalizmin ortaya çıkmasını kolaylaştırabilmektedir. Ancak levreklerde yapılan bir çalışmada, boyut dağılımının bazı olumlu etkilerinin olabileceği ve yeni kanibalist bireylerin ortaya çıkmasını engelleyerek etkisinin azaltılabileceği bildirilmiştir (Mandiki vd., 2007).

SONUÇ

Tatlısu levreği (*Perca fluviatilis*), geniş bir ekolojik toleransa sahip olması, beslenme alışkanlıklarındaki esneklik ve yüksek üreme potansiyeli sayesinde Avrupa ve Asya'nın büyük bir bölümüne yayılmış önemli bir balık türüdür. Genetik ve fenotipik çeşitlilik açısından yapılan çalışmalar, türün farklı coğrafi bölgelerde genetik olarak farklı popülasyonlara ayrıldığını ve bu farklılıkların büyüme hızı, hayatta kalma oranı ve morfolojik özelliklerde belirgin değişiklikler yarattığını ortaya koymuştur. Tatlısu levreğinin yetiştiriciliğinde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri kanibalizm olup, bu durum yüksek mortalite oranlarına neden olmaktadır. Kanibalizmin önlenmesi için uygun besleme stratejileri, popülasyon yönetimi ve bireyler arasındaki büyüme heterojenliğini minimize eden uygulamaların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle yetiştiricilik faaliyetleri açısından, türün farklı popülasyonlarının büyüme ve üreme performanslarına dair genetik ve çevresel etkileşimlerin daha iyi anlaşılması, üretim verimliliğini artırmaya yönelik önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak, tatlısu levreği, hem ekolojik önemi hem de ticari değeri yüksek olan bir tür olup, biyolojisi, genetik yapısı ve yetiştiricilik süreçleri üzerine yapılan araştırmalar, bu türün sürdürülebilir yönetimi ve yetiştiriciliği açısından kritik bilgiler sunmaktadır. Gelecekteki çalışmaların, türün genetik adaptasyonlarını, çevresel faktörlere tepkilerini ve ekosistem üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde incelemesi, hem doğal popülasyonların korunması hem de su ürünleri yetiştiriciliğinde sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Allen, G. R., Midgley, S. H., & Allen, M. (2002). Field guide to the freshwater fishes of Australia (pp. xiv+-394).
- Allen, K. R. (1935). The food and migration of the perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere. The Journal of Animal Ecology, 264-273.
- Babiak, I., Mandiki, S. N. M., Ratsinjomanana, K., & Kestemont, P. (2004). Initial weight and its variation in post-larval Eurasian perch affect quantitative characteristics of juvenile cohorts under controlled conditions. Aquaculture, 234(1-4), 263-276.
- Banha, F., Ilhéu, M., & Anastácio, P. M. (2015). Angling web forums as an additional tool for detection of new fish introductions: the first record of *Perca fluviatilis* in continental Portugal. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, (416), 03.
- Baranov, V. Y. (2021). Variability in body shape of the perch *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 in mountain and semimountain reaches of the Loz'va River and adjacent lakes (Northern Urals). Contemporary Problems of Ecology, 14, 27-36.
- Baras, E., & Jobling, M. (2002). Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. Aquaculture research, 33(7), 461-479.
- Baras, E., Kestemont, P., & Mélard, C. (2003). Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions. Aquaculture, 219(1-4), 241-255.
- Berglund, I. (1978). Spawning migration of the Perch, *Perca fluviatilis*., in a subarctic Swedish coastal stream. Aquilo.
- Berra, T. M. (2001). Freshwater fish distribution. Academic press.
- Bianco, P. G., & Ketmaier, V. (2001). Anthropogenic changes in the freshwater fish fauna of Italy, with reference to the central region and *Barbus graellsii*, a newly established alien species of Iberian origin. Journal of Fish Biology, 59, 190-208.
- Cicala, D., Polgar, G., Mor, J. R., Piscia, R., Brignone, S., Zaupa, S., & Volta, P. (2020). Trophic niches, trophic positions, and niche overlaps between non-native and native fish species in a subalpine lake. Water, 12(12), 3475.
- Clements, J. (1988). Salmon at the antipodes: a history and review of trout, salmon and char and introduced coarse fish in Australasia. J. Clements.
- Coles, T. F. (1981). The distribution of perch, *Perca fluviatilis* L. throughout their first year of life in Llyn Tegid, North Wales. Journal of Fish Biology, 18(1), 15-30.
- DIAS (2004) FAO database on introductions of aquatic species. Available online at www.fao.org/figis/

- Dube, A., & Kamusoko, R. (2013). An investigation of fish species diversity, abundance and diets of selected predator fish in Insukamini Dam, Zimbabwe. *Journal of Animal Science Advances*, 3, 121-28.
- Economidis, P. S., Dimitriou, E., Pagoni, R., Michaloudi, E., & Natsis, L. (2000). Introduced and translocated fish species in the inland waters of Greece. *Fisheries Management and Ecology*, 7(3), 239-250.
- Economou, A. N., Giakoumi, S., Vardakas, L., Barbieri, R., STOUMBOUDI, M. T., & Zogaris, S. (2007). The freshwater ichthyofauna of Greece-an update based on a hydrographic basin survey. *Mediterranean Marine Science*, 8(1), 91-166.
- Eklöv, P. (1997). Effects of habitat complexity and prey abundance on the spatial and temporal distributions of perch (*Perca fluviatilis*) and pike (*Esox lucius*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(7), 1520-1531.
- Elvira, B., & Almodóvar, A. (2001). Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. *Journal of fish Biology*, 59, 323-331.
- Esposito, A., Denys, G. P., Haÿ, V., Agostini, P. J., Foata, J., & Quilichini, Y. (2024). Unregulated introduced fish (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) is host to zoonotic parasites in a small Mediterranean island. *Parasitology Research*, 123(6), 247.
- Frankiewicz, P., & Wojtal-Frankiewicz, A. (2012). Two different feeding tactics of young-of-the-year perch, *Perca fluviatilis* L., inhabiting the littoral zone of the lowland Sulejow Reservoir (Central Poland). *Ecohydrology & Hydrobiology*, 12(1), 35-41.
- Froese R, Pauly D (2022) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Geldiay, R. ve Balık, S., 1988. Türkiye Tatlısu Balıkları (Ders Kitabı), Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No: 97, Bornova-İzmir, 519 s.
- Haakana, H., Huuskonen, H., & Karjalainen, J. (2007). Predation of perch on vendace larvae: diet composition in an oligotrophic lake and digestion time of the larvae. *Journal of Fish Biology*, 70(4), 1171-1184.
- Hamza, N., Mhetli, M., & Kestemont, P. (2007). Effects of weaning age and diets on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33, 121-133.
- Hecht, T., & Pienaar, A. G. (1993). A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24(2), 246-261.
- Horpila, J., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Karppinen, C., Nyberg, K., & Olin, M. (2000). Seasonal changes in the diets and relative abundances of perch and roach in

- the littoral and pelagic zones of a large lake. *Journal of fish biology*, 56(1), 51-72.
- Kerstin, H., & Petersson, E. (2023). Are perch (*Perca fluviatilis* L.) getting larger or smaller in Swedish lakes?. *Ecology of Freshwater Fish*, 32(4), 735-749.
- Kestemont P, Xueliang X, Hamza N, Maboudou J, Imorou Toko I (2007) Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture* 264:197–204
- Kestemont, P., Jourdan, S., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., ... & Baras, E. (2003). Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227(1-4), 333-356.
- Kottelat, M., & Freyhof, J. (2007). *Handbook of European freshwater fishes* (Vol. 13). Cornol, Switzerland: Publications Kottelat.
- Król, J., & Zakęs, Z. (2016). Effect of dietary L-tryptophan on cannibalism, survival and growth in pikeperch *Sander lucioperca* (L.) postlarvae. *Aquaculture International*, 24, 441-451.
- Król, J., & Zieliński, E. (2015). Effects of stocking density and weaning age on cannibalism, survival and growth in European perch *Perca fluviatilis* larvae. *Polish Journal of Natural Sciences*, 30(4), 403-415.
- Król, J., Flisiak, W., Urbanowicz, P., & Ulikowski, D. (2014). Growth, cannibalism, and survival relations in larvae of European catfish, *Silurus glanis* (Actinopterygii: Siluriformes: Siluridae) – attempts to mitigate sibling cannibalism. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44, 191-199.
- Leunda, P. M. (2010). Impacts of non-native fishes on Iberian freshwater ichthyofauna: current knowledge and gaps. *Aquatic Invasions*, 5(3), 239-262.
- Ma, X., Bangxi, X., Yindong, W., & Mingxue, W. (2003). Intentionally introduced and transferred fishes in China's inland waters. *Asian Fisheries Science*, 16(3/4), 279-290.
- Mandiki, S. N. M., Babiak, I., Krol, J., Rasolo, J. F. R., & Kestemont, P. (2007). How initial predator–prey ratio affects intra-cohort cannibalism and growth in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L larvae and juveniles under controlled conditions. *Aquaculture*, 268(1-4), 149-155.
- Mandiki, S. N., Blanchard, G., Mélard, C., Koskela, J., Kucharczyk, D., Fontaine, P., & Kestemont, P. (2004). Effects of geographic origin on growth and food intake in Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles under intensive culture conditions. *Aquaculture*, 229(1-4), 117-128.
- McDowall R (1996) *Freshwater fishes of south-eastern Aus tralia*. A.H. and A.W. Reed Pty Ltd, Sydney.

- Mélard, C., Rougeot, C., Mandiki, R., Fontaine, P., & Kestemont, P. (2003). Genetic growth improvement of *Perca fluviatilis*: a review. In Proceedings of PERCIS III: The Third International Percid Fish Symposium: University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA, July 20-24 2003 (pp. 49-50). University of Wisconsin Press.
- Morgan, D. L., Hambleton, S. J., Gill, H. S., & Beatty, S. J. (2002). Distribution, biology and likely impacts of the introduced redbfin perch (*Perca fluviatilis*)(Percidae) in Western Australia. *Marine and Freshwater Research*, 53(8), 1211-1221.
- Nesbø, C. L., Fossheim, T., Vøllestad, L. A., & Jakobsen, K. S. (1999). Genetic divergence and phylogeographic relationships among European perch (*Perca fluviatilis*) populations reflect glacial refugia and postglacial colonization. *Molecular Ecology*, 8(9), 1387-1404.
- Olsson, J., Svanbäck, R., & Eklöv, P. (2007). Effects of resource level and habitat type on behavioral and morphological plasticity in Eurasian perch. *Oecologia*, 152, 48-56.
- Pen, L. J., & Potter, I. C. (1992). Seasonal and size-related changes in the diet of perch, *Perca fluviatilis* L., in the shallows of an Australian river, and their implications for the conservation of indigenous teleosts. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2(3), 243-253.
- Persson, L. (1987). The effects of resource availability and distribution on size class interactions in perch, *Perca fluviatilis*. *Oikos*, 148-160.
- Persson, L. (1988). Asymmetries in competitive and predatory interactions in fish populations. In *Size-structured populations: ecology and evolution* (pp. 203-218). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Pimakhin, A., Kouřil, J., Stejskal, V., & Žák, J. (2015). The effect of geographical origin of perch (*Perca fluviatilis* L. 1758) populations on growth rates under natural and aquaculture conditions: a review. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 56-63.
- Ribeiro, F., Elvira, B., Collares-Pereira, M. J., & Moyle, P. B. (2008). Life-history traits of non-native fishes in Iberian watersheds across several invasion stages: a first approach. *Biological Invasions*, 10, 89-102.
- Saemi Komsari, M., Bani, A., Khara, H., & Reza Esmaeili, H. (2014). Reproductive strategy of the European perch, *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes: Percidae) in the Anzali wetland, southwest Caspian Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(2), 307-313.
- Smith, C., & Reay, P. (1991). Cannibalism in teleost fish. *Reviews in fish biology and fisheries*, 1, 41-64.

- Stepien, C. A., Behrmann-Godel, J., & Bernatchez, L. (2015). Evolutionary relationships, population genetics, and ecological and genomic adaptations of perch (*Perca*). *Biology of perch*, 7-46.
- Thorpe, J. E. (1977). Morphology, physiology, behavior, and ecology of *Perca fluviatilis* L. and *P. flavescens* Mitchill. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 34(10), 1504-1514.
- Vanina, T., Gebauer, R., Toomey, L., Stejskal, V., Rutegwa, M., Kouřil, J., ... & Lecocq, T. (2019). Genetic and aquaculture performance differentiation among wild allopatric populations of European perch (Percidae, *Perca fluviatilis*). *Aquaculture*, 503, 139-145.
- Walker, K. F., & Yang, H. Z. (1999). Fish and fisheries in western China. *Fish and fisheries at higher altitudes: Asia*, 385, 304.
- Wedderburn, S. D., & Barnes, T. C. (2016). Piscivory by alien redbfin perch (*Perca fluviatilis*) begins earlier than anticipated in two contrasting habitats of Lake Alexandrina, South Australia. *Australian Journal of Zoology*, 64(1), 1-7.
- Xu, P., Lu, C., Sun, Z., Kuang, Y., Cao, D., Huo, T., ... & Zheng, X. (2022). In silico screening and development of microsatellite markers for genetic analysis in *Perca fluviatilis*. *Animals*, 12(14), 1809.