



TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRME VE ISLAHI ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

Editör: Prof.Dr. Mehmet ÖZ

yaz
yayınları

Tarla Bitkileri Yetiştirme ve Islahı Alanında Bilimsel Araştırmalar

Editör

Prof.Dr. Mehmet ÖZ

yaz
yayınları

2026

**Tarla Bitkileri Yetiştirme ve Islahı
Alanında Bilimsel Araştırmalar**

Editör: Prof.Dr. Mehmet ÖZ

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8996-23-4

Mart 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Kuru Tarım Alanlarında Ekim Nöbetinin Önemi ve Temel Prensipler	1
<i>Derya GÜLOĞLU</i>	

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Alanı Özelinde: “Ekmeklik Buğday’ın Feeks Skalasına Göre Gelişim Devreleri”	20
<i>Elif ÖZDEMİR, Derya BAYLAV, Metehan METE, Yusuf YILDIZ</i>	

The Role of Polyploidy Breeding in Increasing Genetic Diversity	41
<i>Ümmü TUĞLU</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

KURU TARIM ALANLARINDA EKİM NÖBETİNİN ÖNEMİ VE TEMEL PRENSİPLER¹

Derya GÜLOĞLU¹

1. GİRİŞ

Ülkemizdeki tarım alanlarının büyük bir bölümü kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Bu bölgelerde yıllık yağış miktarı genellikle 300–450 mm arasında değişmekte, yağışların büyük kısmı kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Yaz aylarında görülen uzun kurak dönemler ise, bitkisel üretimde su stresini sınırlayıcı faktör haline getirmektedir. Kurak ve yarı kurak tarım sistemleri, sulama imkanının olmadığı veya oldukça sınırlı olduğu ekosistemlerde yürütülen tarımsal üretim faaliyetleridir. Bu şekilde yürütülen üretim şeklinde tarımsal verim, bölgedeki yağış rejimi, yağışların yıl içerisindeki dağılımı, tarım topraklarının biyolojik ve fiziksel özellikleri ve tarımsal yönetim stratejilerine bağlıdır. Ekim nöbeti uygulaması, kurak ve yarı kurak tarım alanlarında suyun etkin bir şekilde kullanımı, toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülmesi bakımından önem taşıyan bir uygulama şeklidir (Lal, 2015).

Tarım yapılan alanlarda, botanik özellikleri birbirine benzer ve aynı familyaya dahil olan bitkilerin birbiri ardına yetiştirilmesi mono tarım kültürü olarak tanımlanmaktadır. Benzer kök sistemi özellikleri sebebiyle toprağı aynı derinlikte kullanan; benzer hastalıklara, zararlılara ve yabancı otlara karşı hassasiyeti olan bitkilerin arka arkaya yetiştirilmesi bir taraftan toprak dokusu ve yapısını bozarken, öte yandan hastalık, zararlı

¹ Dr. Öğr. Üyesi Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Atabey Meslek Yüksekokulu, ORCID: 0000-0002-1839-8710.

ve yabancı ot yoğunluğunun artmasına yol açmaktadır. Bunların sonucu olarak da toprağın verimliliği önemli ölçüde azalmaktadır (Bulut, 2023).

Bu bağlamda bitkisel üretim yapılan kurak ve yarı kurak tarım alanlarında hem toprak verimliliğini hem de tarımsal verimliliği korumak, srdrlebilir kılmak ve üretim risklerini azaltmak amacıyla etkili ve stratejik önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin en önemlisi ise ekim nöbeti uygulamasıdır (Santos, 1994).

Bu alanlarda doğru ve uygun planlanmış bir ekim nöbeti, hem biyotik hem de abiyotik stres faktörlerini azaltıp, üretim istikrarı sağlayacaktır (Hatfield & Karlen, 1993).

Bitkisel retim yapılacak bölgenin iklim ve toprak istekleri dikkate alınarak, kaliteli üretim sağlamak amacıyla aynı tarla üzerinde değişik tarla bitkilerinin belirli bir sıra dahilinde birbirini takip edecek ve destekleyecek şekilde yetiştirilmesine ekim nöbeti denilmektedir.

Ekim nöbeti uygulamasının, toprak özellikleri üzerine ve sağlıklı bir bitki büyüme ortamının oluşturulmasına olan etkisi, planlanan ekim nöbetinin özelliğine bağlı olarak değişmektedir (zdemir, 1993). Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerinde ekim nöbeti planlaması, yalnızca agronomik değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik koşullar dikkate alınarak ele alınmalıdır.

2. KURU TARIM SİSTEMLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki tarım sistemleri, bitkisel üretimin genel olarak doğal yağışlara dayandığı ve sulama olanaklarının hiç bulunmadığı veya sınırlı olduğu tarım alanlarını kapsamaktadır. Yani, kuru tarım sistemlerinde sınırlayıcı temel faktör sudur. Yağışın miktarı, dağılımı ve yıllar arasındaki

değişkenliği, yetiştirilecek ürün seğimini ve üretimin başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu sistemlerde genellikle düşük ve yıl içinde düzensiz yağış, organik madde bakımından fakir topraklar ve erozyon sorunu belirginleşmektedir. Bu koşullar altında ekim nöbeti, toprak yapısını iyileştirme, topraktan su kaybını azaltma ve besin maddesi döngüsünü düzenleme açısından kritik bir rol üstlenmektedir

2.1. İklim ve Yağış Rejimi

Kurak ve yarı kurak tarım alanlarında yıllık yağış miktarı çoğunlukla 300–450 mm arasında değişmektedir. Ancak yağışın mevsimsel dağılımı dengesizdir ve yıllar arasında ciddi farklılıklar görölmektedir. Yağışların büyük kısmı kış ve erken ilkbahar aylarında düşmekte, bitkilerin en yüksek su gereksinimine sahip olduğu generatif dönemde yağış genellikle yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizlik, üretimde belirsizliği artırmakta ve ekim nöbeti gibi su yönetimine katkı sağlayan uygulamaların önemini artırmaktadır (Blum, 2011) ve ekim nöbetine dahil edilecek bitkilerin su tüketim düzeylerinin dikkatle planlanmasını zorunlu kılmaktadır.

2.2. Toprak Özellikleri ve Organik Madde Düzeyi

Kurak alanlarda topraklar genel olarak kireçli, alkali reaksiyonlu, organik maddece fakir ve su tutma kapasitesi sınırlı topraklardır. Bu bölgelerde uzun yıllar süren buğday-nadas sistemleri, toprakta organik madde kaybını hızlandırarak toprak yapısında bozulmalara neden olarak kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki etkisini daha da artırmaktadır (Lal, 2015).

2.3. Buharlaşma ve Su Kaybı

Kurak ve yarı kurak alanlarda, yaz aylarında sıcaklıkların 40 °C'nin üzerine çıkması, buharlaşma miktarını ciddi şekilde artırmaktadır. Sıcaklıkların daha düşük olduğu dönemlerde ise

rüzgâr etkisi ve düşük oransal nem, toprak neminin hızla kaybolmasına yol açmaktadır.

Bu koşullar altında, toprağa düşen yağışın büyük bir bölümü bitkiler tarafından kullanılmadan kaybolabilmektedir. Kuru tarım sistemlerinde bitki örtüsünün yetersizliğı ve uzun nadas dönemleri, buharlaşma kaynaklı su kayıplarını daha da artırmaktadır.

2.4. Üretim Deseni ve Monokültür Eğilimi

Kuru tarım sistemlerinde üretim deseni büyük ölçüde tahıl ağırlıklıdır. Buğday başta olmak üzere arpa ve yulaf geleneksel üretim desenini oluşturmaktadır. Bu durumun sonucunda, ekonomik ve kültürel nedenlerle uzun yıllar devam etmiş, ancak monokültür üretim sistemleri, toprak yorgunluğu, verim düşüklüğü ve biyotik streslerin artmasına neden olmuştur (Cook, 2006).

Son yıllarda mercimek, nohut ve fiğ gibi baklagil bitkilerinin ekim nöbetine alınmasıyla üretim deseninde sınırlı da olsa bir çeşitlenme gözlenmektedir.

2.5. Girdi Kullanım Düzeyi ve Ekonomik Kısıtlar

Kuru tarım sistemlerinde, gübre, ilaç ve üretim materyali gibi üretim girdileri, verim potansiyelinin yağışa bağılı olması, girdi maliyetlerinin yüksekliğı ve işletmelerin küçük ve orta ölçekli işletmeler olması nedeniyle genellikle sınırlı düzeyde kullanılmaktadır. Bu durumun sonucunda, ekim nöbeti sistemi gibi düşük maliyetli ve ekosistem temelli uygulamaların önemini artırmaktadır. Ekim nöbeti, girdilere olan bağımlılığı azaltarak üretim sisteminin ekonomik olarak sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır (Hatfield & Karlen, 1993).

3. EKİM NÖBETİNİN KURU TARIM ALANLARI AÇISINDAN ÖNEMİ

Kuru tarım sistemlerinde üretimi sınırlayan en önemli faktörün su olması nedeniyle, bu koşullarda uygulanan her türlü tarımsal üretim tekniği, toprak-su-bitki ilişkisini etkilemektedir. Ekim nöbeti, kurak ve yarı kurak bölgelerde yalnızca ürün çeşitlendirme aracı olarak değil; toprağın korunması ve üretim risklerinin azaltılması açısından bütüncül bir strateji olarak değerlendirilmelidir.

3.1. Toprak Neminin Korunması ve Etkin Kullanımı

Kurak bölgelerde yağışın büyük bölümü kış ve erken ilkbahar aylarında düşmekte, yaz aylarında ise uzun süreli kuraklık koşulları hüküm sürmektedir. Sürekli tahıl ekimine dayalı sistemlerde, toprağın üst katmanlarında biriken su hızla tüketilmekte ve bu durum takip eden yıllarda verimde düşüklüğe yol açmaktadır.

Ekim nöbetinde yer alan bitkilerin farklı su tüketim düzeyleri ve farklı kök derinlikleri, toprak profilindeki suyun daha dengeli ve etkin kullanılmasını sağlamaktadır. Özellikle buğday sonrası mercimek veya nohut gibi düşük su tüketimli baklagil bitkilerin ekilmesi, nadasa benzer bir etki oluşturarak toprak neminin korunmasına katkı sağlamaktadır (Unger & Vigil, 1998).

3.2. Toprak Verimliliği ve Organik Madde Düzeyi

Türkiye'nin kurak bölgelerindeki toprakların en önemli sorunlarından biri düşük organik madde içeriğidir. Bu bölgelerde uzun süreli sürdürülen monokültür üretim sistemi, organik madde kaybını hızlandırdığından toprak yapısının da bozulmasına yol açmaktadır (Lal, 2015).

Ekim nöbeti, farklı bitkilerin kök ve hasat artıkları bırakmasıyla toprağa organik materyal kazandırmaktadır.

Böylece, toprağın agregat oluşturma stabilitesi ve su tutma kapasitesi artmaktadır. Özellikle baklagil bitkilerinin ekim nöbetine dahil edilmesi, biyolojik azot fiksasyonu yoluyla toprağın azot içeriğini artırmakta, aynı zamanda mikrobiyal aktivitenin artmasıyla toprağın biyolojik özelliklerinin iyileşmesini sağlamaktadır (Giller, 2001).

3.3. Bitki Besin Maddesi Kullanımı

Kurak ve yarı kurak tarım alanlarında organik ve inorganik gübre kullanımı ekonomik ve çevresel nedenlerle oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda, bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından etkin bir şekilde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Azot tüketimi yüksek olan tahılların art arda ekimi, toprak azot rezervlerinin hızla tükenmesine yol açmaktadır.

Baklagil bitkileri ağırlıklı ekim nöbetleri, biyolojik azot fiksasyonu yoluyla toprağa doğal yoldan azot kazandırarak mineral gübre ihtiyacını azaltmaktadır. Yapılan çalışmalar, baklagil bitkilerinden sonra ekilen buğdayda hem verim artışı hem de yüksek protein içeriği sağladığını ortaya koymaktadır (Hatfield & Karlen, 1993).

3.4. Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Baskısının Azaltılması

Sürekli aynı bitkinin yetiştirildiği tarım sistemlerinde, o bitkiye has hastalık ve zararlılar ile belirli yabancı ot türleri hızla çoğalmaktadır.

Tarım yapılan alanlarda en uygun, ekonomik ve etkin yabancı ot mücadelesi ekim nöbeti uygulanmasıyla sağlanmaktadır (Liebman & Ohno, 1998). Çünkü, farklı kültür bitkilerinin sırayla ve birbiri ardına yetiştirilmesiyle yabancı ot yoğunluğu azalmakta ve kültür bitkilerinin veriminde artış olmaktadır (Anderson et al., 2007).

Ekim nöbeti, patojen ve zararlıların yaşam seyrini sekteye uğratarak kimyasal mücadeleye olan bağımlılığı azaltmaktadır. Farklı bitki türlerinin ekimi, yabancı ot florasının değişmesine ve baskın türlerin zayıflamasına yol açmaktadır (Cook, 2006). Bu durumun sonucunda, kurak ve yarı kurak bölgelerde girdi maliyetlerinin azaltılması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

3.5. Üretim Riskinin Azaltılması ve İklim Değişikliğine Uyum

Kurak ve yarı kurak bölgelerde üretim, yıllık yağış miktarına ve dağılımına bağlı olduğundan, tek ürüne dayalı sistemler, kurak yıllarda ciddi düzeyde ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Ekim nöbeti ile ürün deseninin çeşitlendirilmesi, üretim riskini dağıtarak ifti gelirinde istikrar sağlamaktadır. Ayrıca, küresel iklim değişikliği ile birlikte artan sıcaklık ve kuraklık stresine karşı, farklı ekim zamanlarına ve gelişme dönemlerine sahip bitkilerin ekim nöbetine dahil edilmesi, tarımsal sistemlerin iklim dirençliliğini güçlendirmektedir (Blum, 2011).

4. EKİM NÖBETİ PLANLANMASINDA TEMEL İLKELER

Kurak ve yarı kurak tarım alanlarında ekim nöbeti planlaması, tesadüfi ürün değişiminden ziyade, bölgenin iklim ve toprak özelliklerinin birlikte değerlendirildiği bir süreç olarak değerlendirilmelidir. Planlama yapılırken, ekim nöbetinde yer alacak bitkilerin su tüketim düzeyleri, kök yapıları ve bitki besin maddesi tüketimi gibi özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Bitkilerin yetiştirilme sıralaması ise arazinin genişliği, parçalı olup olmamasına göre belirlenmektedir (Mohler, 2009). Türkiye'nin kurak bölgelerinde, yanlış planlanmış bir ekim

nöbeti su stresini artırabilirken; doğru planlama, sınırlı doğal kaynakların etkin kullanımına olanak sağlamaktadır.

4.1. Bitkilerin Su Tüketimi ve Kuraklığa Dayanıklılık Özellikleri

Kurak ve yarı kurak tarım alanlarında ekim nöbeti planlamasının temelini, ekim nöbetine dahil edilecek bitkilerin su tüketim miktarları (evapotranspirasyon) ve kuraklığa dayanıklılık düzeyleri oluşturmaktadır. Yüksek su tüketimli bitkilerin ardışık olarak ekilmesi, topraktaki su rezervlerini hızlı bir şekilde tüketmekte ve özellikle generatif dönemde verim kayıplarına yol açmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak koşullarda, farklı bitkilerin su tüketim düzeyleri ve zamanlamaları arasındaki farklılıklar, ekim nöbeti sistemlerinin başarısını doğrudan etkilemektedir (Rockström et al., 2017).

Bu bağlamda, bu bölgelerde buğday veya arpa gibi tahıllardan sonra, mercimek, nohut veya fğ gibi daha düşük su tüketimine sahip baklagil bitkilerinin yetiştirilmesi önerilmektedir. Bu uygulama, toprakta biriken kış yağışlarının daha uzun süre korunmasını sağlamaktadır (Unger & Vigil, 1998; Blum, 2011).

Bitki su tüketimi, genellikle evapotranspirasyon (ET) kavramı ile ifade edilmektedir. ET, bitki tarafından transpirasyon yoluyla kaybedilen su ile toprak yüzeyinden buharlaşan suyun toplamını kapsamaktadır. Kurak ve yarı kurak alanlarda ET, yağıştan çok daha yüksek olabildiğ i için bitkiler çoğ u zaman potansiyel su tüketimlerini karşılayamamaktadır (Allen et al., 1998).

Ekim nöbetinde yer alacak bitkilerin su tüketim düzeyleri belirlenmeli ve ardışık yıllarda yüksek su tüketen bitkilerin arka arkaya ekiminden kaçınılmalıdır (Hatfield & Dold, 2019). Örneğ in, buğday sonrası mercimek veya nohut gibi daha düşük su tüketimli bitkiler tercih edilmektedir (Blum, 2011).

Bitki su tüketimini belirleyen başlıca faktörler, bitki türü ve çeşidi, bitki kök derinliğı, yetiştirilecek bitkinin vejetasyon süresi, iklim ve toprak özellikleridir. Bu faktörlerin her biri, ekim nöbeti planlamasında bitkilerin hangi sırayla yetiştirileceğini belirlemede kritik rol oynamaktadır (Feres & Soriano, 2007).

Ekim nöbeti planlamasında bitkiler, yüksek su tüketimli (örneğin mısır, pamuk), orta düzey su tüketimli (buğday, arpa) ve düşük su tüketimli (nohut, mercimek) bitkiler olarak sınıflandırılmaktadır. Kurak ve yarı kurak alanlarda, ekim nöbeti planlanırken bu gruplar arasında dengeli bir sıra oluşturulması temel bir ilkedir (Feres et al., 2011).

Bitkilerin suya en fazla ihtiyaç duyduğı çiçeklenme ve dane doldurma gibi dönemler, yağış rejimiyle uyumlu olmalıdır. Ekim nöbeti planlamasında, bitkilerin su talep zamanlarının çakışmaması, sınırlı su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır (Blum, 2011).

4.2. Kök Derinliğı ve Toprak Yapısı

Ekim nöbetine dahil edilecek bitkilerin kök yapısı ve kök derinliğı, toprak–su–bitki ilişkilerinin dengelenmesi açısından temel bir belirleyicidir. Farklı bitki türleri, kök sistemleri ve köklenme derinlikleri bakımından farklılıklar gösterdiğinden, bu durum toprak profilinin hangi katmanlarının ne ölçüde kullanılacağını doğrudan etkilemektedir (Kirkegaard et al., 2014).

Derin köklü bitkiler ile yüzlek köklü bitkilerin dönüşümlü olarak ekilmesi, toprağın farklı katmanlarından yararlanılmasını sağlamaktadır (Hatfield & Karlen, 1993). Yüzlek köklü bitkiler toprağın yalnızca üst katmanlarındaki su ve besin maddelerini tüketirken, derin köklü bitkiler toprağın alt katmanlarındaki nemden ve hareketli besin elementlerinden yararlanabilmektedir. Ekim nöbetinde bu iki kök tipine sahip bitkilerin dönüşümlü olarak kullanılması, toprak profilinin farklı derinliklerinin etkin

kullanımını sağlayarak su ve besin maddesi rekabetini azaltmaktadır (Unger & Vigil, 1998).

Ayrıca derin yapılı kök sistemine sahip bitkiler, topraktaki canlı kanallara katkı sağlayarak infiltrasyonu artırmakta ve izleyen bitkilerin kök gelişimini kolaylaştırmaktadır. Bu durumun sonucunda özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda, sınırlı toprak suyunun daha etkin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (Kell, 2011). Bu bağlamda ekim nöbeti planlamasında bitkilerin kök yapısı ve kök derinliği, yalnızca mevcut bitkinin performansı açısından değil, sistemin uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından da kritik bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

4.3. Besin Maddesi Döngüsünün Düzenlenmesi

Kuru tarım alanlarında uygulanan ekim nöbeti sistemi, tarımsal üretimde bitkilerin topraktan yararlandıkları bitki besin maddelerinin dengeli kullanılmasını sağlayan temel yönetim sistemlerinden biridir. Farklı bitki türleri, besin maddesi ihtiyaçları, alım hızları ve kök bölgelerindeki besin kullanım stratejileri bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların ekim nöbeti yoluyla planlı biçimde değerlendirilmesi, belirli besin elementlerinin topraktan sürekli ve aşırı tüketilmesini ve dengesiz beslenmeyi önlemektedir (Johnston et al., 2014).

Monokültür tarım sistemlerinde aynı bitkinin artarda ekilmesi, özellikle azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi makro besin elementlerinin belirli toprak katmanlarında hızla azalmasına yol açmaktadır. Buna karşın ekim nöbeti uygulamalarında, farklı besin maddesi ihtiyacında olan bitkilerin dönüşümlü olarak yetiştirilmesi, toprak besin rezervlerinin daha dengeli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Drinkwater & Snapp, 2007).

Baklagil bitkilerinin kuru tarım alanlarında ekim nöbetine dahil edilmesi, besin döngüsünün dengelenmesinde stratejik bir

öneme sahiptir. Baklagil bitkileri, biyolojik azot fiksasyonu yoluyla atmosferik azotu toprağa kazandırarak izleyen bitkiler için kullanılabilir azot miktarını artırmakta ve mineral azot gübrelerine olan bağımlılığı azaltmaktadır (Giller, 2001).

Ayrıca farklı bitkilerin toprağa bıraktıkları kök ve hasat artıkları, toprak organik maddesinin oluşumuna katkı sağlayarak besin maddelerinin mineralizasyon–immobilizasyon dengesini düzenlemektedir. Bu süreç, toprak verimliliğinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Lal, 2015).

Bu bağlamda ekim nöbeti planlamasında azot tüketimi yüksek bitkiler (buğday, arpa) ile azot sağlayıcı baklagil bitkileri (mercimek, nohut, fiğ) ardışık olarak yer almalıdır.

4.4. Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Döngülerinin Kırılması

Kuru tarım sistemlerinde ekim nöbeti planlaması yapılırken hastalık, zararlı ve yabancı ot döngülerinin etkin biçimde kırılabilmesi için, bitkilerin biyolojik özelliklerini dikkate alan sistemli bir yaklaşım benimsenmelidir. Öncelikle, aynı familyaya ait bitkilerin artarda ekilmesinden kaçınmak temel bir ilkedir. Çünkü, aynı familyadaki bitkiler, benzer bitkisel özelliklere sahip olduğundan genellikle ortak patojenlere ve zararlılara konukçuluk yapmaktadırlar (Bennett et al., 2012).

Konukçu olmayan bitkilerin ekim nöbetine alınması özellikle toprak kökenli hastalıklar ve nematodlar açısından büyük önem taşımaktadır. Konukçu bulunmayan dönemlerde hastalık patojeni ve zararlı popülasyonları doğal olarak azalmakta, böylece izleyen ürünlerde enfeksiyon riski düşmektedir (Cook, 2006).

Yabancı ot yönetimi açısından, ekim nöbetinde farklı ekim zamanları, farklı gelişme hızları ve farklı örtücü özelliklere sahip bitkilerin kullanılması oldukça önemlidir. Bu çeşitlilik,

belirli yabancı ot türlerinin yaşam döngülerini tamamlamasını zorlaştırarak popülasyonlarının baskın hale gelmesini önlemektedir. Ayrıca farklı bitkilerin farklı herbisit gruplarıyla kontrol edilebilmesini sağlamakta, herbisit direnci gelişme riskini de azaltmaktadır (Liebman & Dyck, 1993).

Bunun yanında, bitki artıklarının yönetimi de ekim nöbeti planlamasında önemli bir unsurdur. Bazı patojenler bitki artıklarında canlılığını s rd rebildiğinden, uygun ekim nöbeti dizileri ile bu artıkların ayrışması teşvik edilmeli ve inokulum kaynakları azaltılmalıdır (Larkin, 2015).

Son olarak, ekim nöbeti planlaması entegre mücadele (IPM) yaklaşımıyla birlikte ele alınmalıdır. Kültürel  nlemler, biyolojik mücadele ve ihtiyaç duyulduğunda kimyasal mücadele yöntemlerinin birlikte kullanılması, ekim nöbetinin hastalık, zararlı ve yabancı ot döngülerini kırmadaki etkinliğini artırmaktadır (Pretty & Bharucha, 2014).

4.5. Toprak Organik Maddesi ve Yapısının Korunması

Toprağın organik madde içeriği ve toprak strüktürü, tarım ekosistemlerinin sürdürülebilirliği açısından temel belirleyicilerdir. Ekim nöbeti planlanırken farklı bitkilerin ardışık olarak nöbete dahil edilmesi toprağa giren organik artıkların miktarını ve kalitesini çeşitlendirerek toprağın organik madde dengesinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle kök ve hasat artığı miktarı yüksek bitkilerin ekim nöbetine dahil edilmesi, toprak organik maddesinin sürekliliği açısından önem taşımaktadır (Lal, 2015).

Organik madde içeriği düşük olan yarı kurak bölge topraklarında, baklagil bitkileri ve yem bitkileri gibi bol kök biyokütlesi oluştıran bitkiler, toprağın agregat yapısını geliştirerek, toprağın gözeneklilik, havalanma ve su infiltrasyonu gibi fiziksel özelliklerinin iyileşmesine katkı sağlamaktadır. Buna

karşılık yalnızca tane ürünü bırakan ve az hasat artığı sağlayan bitkilerin sürekli ve artarda ekimi, zamanla toprak yapısının bozulmasına neden olabilmektedir (Six et al., 2004).

Ayrıca ekim nöbeti, bitki artıklarının ayrışma hızını ve mikrobiyal faaliyetleri düzenleyerek organik maddenin mineralizasyon–stabilizasyon dengesini olumlu yönde etkilemektedir. Bu süreç, hem besin maddesi döngüsünün etkinliğini artırmakta hem de uzun vadede toprak yapısının bozulmasını önlemektedir (Blanco-Canqui & Lal, 2007).

4.6. Bölgesel ve Sosyo-Ekonomik Koşulların Dikkate Alınması

Ekim nöbeti planlamasının teknik olarak uygun yapılması kadar, bölgesel ve sosyo-ekonomik koşullarla uyumlu olması da uygulamanın başarısı bakımından belirleyicidir. Bölgenin iklim özellikleri, toprak yapısı ve yağış rejimi hangi bitkilerin ekim nöbetine dahil edilebileceğini belirleyen faktörlerdir. Bu bağlamda ekim nöbeti planlaması, genel ilkelerden ziyade yerel ekolojik koşullara özgü olarak şekillendirilmelidir.

Sosyo-ekonomik açıdan bakıldığında, üreticilerin ekonomik düzeyi, mekanizasyon imkanları, iş gücü kapasitesi ve teknik bilgi birikimi, ekim nöbeti sistemlerinin uygulanabilirliğini etkilemektedir. Örneğin, yüksek girdiye ihtiyaç duyan veya özel ekipman isteyen bitkilerin ekim nöbetine dahil edilmesi, düşük gelirli ve küçük işletmeler için pratik olmamaktadır. Bu durumun sonucunda, uygun görülen ekim nöbeti sistemlerinin sahada benimsenmemesine yol açmaktadır (Pretty et al., 2018).

Pazar olanakları, bölgesel üretim alışkanlıkları ve ürün fiyatları da ekim nöbeti planlamasında dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Bölgesel pazarlarda talep edilmeyen veya fiyat dalgalanmaları yüksek ürünlerin ekim nöbetine alınması, çiftçinin gelirini olumsuz etkileyerek sistemin sürdürülebilirliğini

zayıflatmaktadır. Bu bağlamda ekim nöbetleri, yalnızca agronomik değil, ekonomik riskleri azaltacak şekilde planlanmalıdır (Snapp et al., 2021).

Çiftçilerin ürün tercihlerini tarımsal destekleme politikaları ve bölgesel teşvikler belirlemektedir. Desteklenen ürünlerin ekim nöbetine dahil edilmesi, sistemin benimsenmesini kolaylaştırmakta ve uzun vadeli uygulama sürekliliğini artırmaktadır.

5. SONUÇ

Kurak ve yarı kurak tarım alanlarında bitkisel üretimi sınırlayan temel faktörün su olması, bu alanlarda uygulanan tarımsal üretim stratejilerinin toprak-su-bitki ilişkilerinin merkeze alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma kapsamında ele alınan bulgular, ekim nöbeti uygulamasının kuru tarım yapılan alanlarda yalnızca ürün çeşitlendirmeye yönelik bir uygulama olmadığını; buna ek olarak suyun etkin kullanımı, toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülmesi ve üretim risklerinin azaltılması açısından holistik bir yönetim aracı olduğunu ortaya koymaktadır.

Kuru tarım sistemlerinde yaygın olarak görülen tek tip tarım eğilimleri, uzun vadede toprak organik maddesinde azalma, toprak yapısı ve dokusunda bozulma, hastalık ve yabancı ot baskısında artış ve fakat tarımsal verimde düşüklüğe yol açmaktadır. Buna karşılık, uygun planlanmış ekim nöbetleri; farklı kök sistemlerine ve su tüketim düzeylerine sahip bitkilerin nöbetleşe ve artarda yetiştirilmesi yoluyla toprak profilindeki nemin daha dengeli kullanılmasını sağlamakta, organik madde miktarını artırmakta ve besin maddesi döngüsünü düzenlemektedir. Özellikle baklagil bitkilerinin ekim nöbetinde yer alması, simbiyotik azot fiksasyonu yoluyla toprak

verimliliğine katkı sağlarken, mineral gübre kullanımına olan bağımlılığı da azaltmaktadır.

Ekim nöbetinin bir diğer önemli katkısı, hastalık, zararlı ve yabancı ot döngülerinin kırılmasını sağlamaktır. Ekim nöbeti uygulaması ile aynı familyaya ait bitkilerin art arda yetiştirilmesinden kaçınlması, patojen ve zararlı popülasyonlarının azalmasına yardımcı olmakta; farklı gelişme dönemlerine ve bitkisel özelliklere sahip bitkilerin kullanımı ise yabancı ot yönetiminde etkinlik sağlamaktadır. Bu durum, kimyasal ilaçlara olan ihtiyaı azaltarak hem ekonomik hem de sürdürülebilir üretim sistemlerinin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır

Sonuç olarak, kurak ve yarı kurak tarım alanlarında ekim nöbeti; sınırlı doğal kaynakların korunması, üretim istikrarının sağlanması ve iklim değişikliği koşullarına uyum açısından vazgeçilmez bir tarımsal yönetim stratejisidir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bölgeye özgü ekim nöbeti modellerinin uzun dönemli verim, toprak sağlığı ve ekonomik sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerinin bütüncül yaklaşımlarla değerlendirilmesi, bu sistemlerin yaygınlaştırılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Anderson, R. L., Stymiest, C. E., Swan, B. A., & Rickertsen, J. R. (2007). Weed community response to crop rotations in western South Dakota. *Weed Technology*, 21(1), 131–135. doi:10.1614/WT-06-101.1
- Bennett, A. J., Bending, G. D., Chandler, D., Hilton, S., & Mills, P. (2012). Meeting the demand for crop production: The challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews*, 87(1), 52–71. doi:10.1111/j.1469-185X.2011.00184.x
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2007). Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil and Tillage Research*, 95(1–2), 240–254. doi:10.1016/j.still.2007.01.004
- Blum, A. (2011). *Plant breeding for water-limited environments*. New York, NY: Springer.
- Bulut, S. (2023). Kayseri’de ekim nöbeti. In *ISPEC 11. Uluslararası Tarım, Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi Bildiriler Kitabı* (ss. 1045–1062). Muş, Türkiye.
- Cook, R. J. (2006). Toward cropping systems that enhance productivity and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(49), 18389–18394. doi:10.1073/pnas.0605946103
- Drinkwater, L. E., & Snapp, S. (2007). Nutrients in agroecosystems: Rethinking the management paradigm.

Advances in Agronomy, 92, 163–186. doi:10.1016/S0065-2113(04)92003-2

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159. doi:10.1093/jxb/erl165

Fereres, E., Orgaz, F., & Gonzalez-Dugo, V. (2011). Reflections on food security under water scarcity. *Journal of Experimental Botany*, 62(12), 4079–4086. doi:10.1093/jxb/err165

Giller, K. E. (2001). *Nitrogen fixation in tropical cropping systems* (2nd ed.). Wallingford, UK: CABI Publishing.

Hatfield, J. L., & Karlen, D. L. (1993). *Sustainable agriculture systems*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Hatfield, J. L., & Dold, C. (2019). Water-use efficiency: Advances and challenges in a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, 10, 103. doi:10.3389/fpls.2019.00103

Johnston, A. E., Poulton, P. R., Fixen, P. E., & Curtin, D. (2014). Phosphorus: Its efficient use in agriculture. *Advances in Agronomy*, 123, 177–228. doi:10.1016/B978-0-12-420225-2.00005-4

Kell, D. B. (2011). Breeding crop plants with deep roots: Their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. *Annals of Botany*, 108(3), 407–418. doi:10.1093/aob/mcr175

Kirkegaard, J. A., Hunt, J. R., McBeath, T. M., Lilley, J. M., Moore, A., Verburg, K., & Whitbread, A. M. (2014). Improving water productivity in the Australian grains industry—A nationally coordinated approach. *Crop and Pasture Science*, 65(7), 583–601. doi:10.1071/CP14019

- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875–5895. doi:10.3390/su7055875
- Larkin, R. P. (2015). Soil health paradigms and implications for disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 53(1), 199–221. doi:10.1146/annurev-phyto-080614-120357
- Liebman, M., & Dyck, E. (1993). Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications*, 3(1), 92–122. doi:10.2307/1941795
- Liebman, M., & Ohno, T. (1998). Crop rotation and legume residue effects on weed emergence and growth. In J. L. Hatfield, D. D. Buhler, & B. A. Stewart (Eds.), *Integrated weed and soil management* (pp. 181–221). Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- Mohler, C. L. (2009). *Crop rotation on organic farms: A planning manual*. Ithaca, NY: NRAES.
- Özdemir, N. (1993). Bitki rotasyonunun toprak erozyonu ve strüktürel stabilite üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 66–75.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114(8), 1571–1596. doi:10.1093/aob/mcu205
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441–446. doi:10.1038/s41893-018-0114-0
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., & Smith, J. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and

global sustainability. *Ambio*, 46(1), 4–17.
doi:10.1007/s13280-016-0793-6

- Santos, H. P., Fancelli, A. L., Reis, E. M., & Dos Santos, H. P. (1994). Energy balance of no-tillage wheat rotation systems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29(7), 1067–1073.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Denef, K. (2004). A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1), 7–31. doi:10.1016/j.still.2004.03.008
- Snapp, S., Kebede, Y., Wollenberg, E., Dittmer, K. M., Brickman, S., Egler, C., & Shelton, S. (2021). *Agroecology and climate change: A rapid evidence review*. Rome: FAO & CGIAR.
- Unger, P. W., & Vigil, M. F. (1998). Cover crop effects on soil water relationships. *Journal of Soil and Water Conservation*, 53(3), 200–207.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DENEME ALANI ÖZELİNDE: “EKMEKLİK BUĞDAY’IN FEEKS SKALASINA GÖRE GELİŞİM DEVRELERİ”

Elif ÖZDEMİR¹

Derya BAYLAV²

Metehan METE³

Yusuf YILDIZ⁴

1. GİRİŞ

Bu araştırmadaki görseller ve deneme alanına ait yağış verileri 2024 – 2025 yetiştirme sezonunda Doç. Dr. Elif ÖZDEMİR danışmanlığında yüksek lisans yapmakta olan Ziraat Yüksek Mühendisi Derya BAYLAV’ ın denemesinden elde edilmiştir. Deneme alanındaki yağış verileri «Plüviyometre» ile düzenli olarak ölçülerek kaydedilmiştir.

¹ Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, ORCID: 0000-0003-3153-1739.

² Zir. Yük. Müh., Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, ORCID: 0009-0000-9624-383X.

³ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, ORCID: 0009-0005-6410-9720.

⁴ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, ORCID: 0009-0003-6165-9693.



Şekil 1. Plüviyometre çeşitleri (Anonim 2025a)

Bölge genelindeki sıcaklık verileri «Meteoroloji Genel Müdürlüğü» nden temin edilmiştir (Çizelge 1). Deneme alanından elde edilen görüntülerin sınıflandırılmasında «Feeks Skalası» ndan yararlanılmıştır.

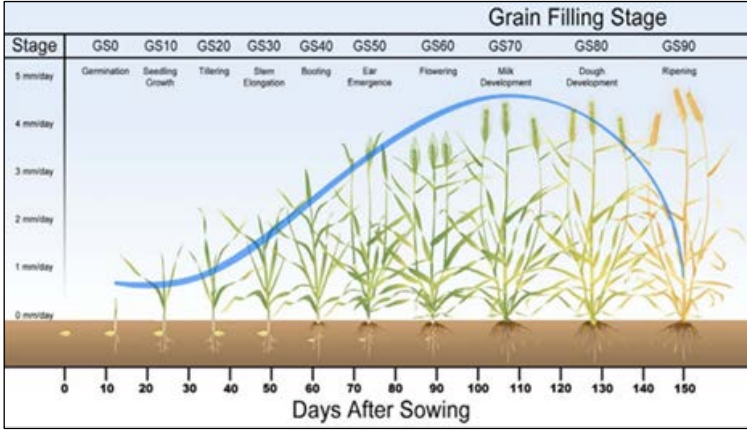
Deneme alanı her hafta düzenli olarak ziyaret edilmiş, çekilen fotoğraflar referans oluşturması bakımından «*Wisconsin Madison Üniversitesi*» öğretim üyeleri tarafından hazırlanmış «*Visual Guide Winter Wheat, Development and Growth Staging*» adlı rehberdeki görüntülerle karşılaştırılmıştır (Anonim 2015b).

Denemenin yürütüldüğü «Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Prof. Dr. Abdulkadir AKÇIN Araştırma ve Uygulama İstasyonu» na ait toprak örneklerinin organik maddesi yaklaşık % 0.98 – 1.37 arasında değişmekte olup bu değer ideal bir tarım toprağının organik madde muhteviyatından oldukça uzaktır.

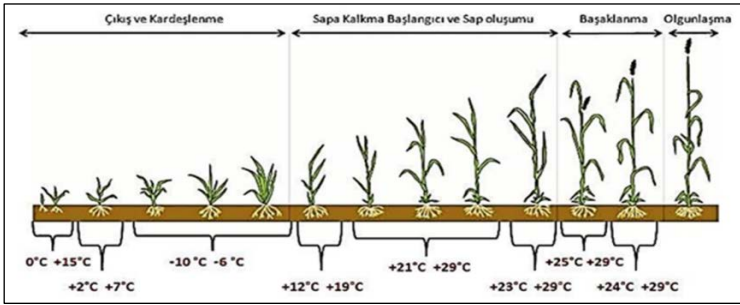
Deneme alanında nadas uygulaması yapılmamakta, bu da nadasla birlikte düşen yağışın yaklaşık %20' sinin toprakta biriktirilmesi (Başkan, 1998) ilkesine uymamaktadır. Bu koşullarda toprağın faydalı su kapsamı düşmekte, topraktaki su

tarla kapasitesinden oldukça uzaklaşmakta, solma noktasına yaklaşmaktadır.

Deneme süresi boyunca düşen yağışlar uzun yıllar ortalamasının oldukça altında olmuştur. Bu da zaten nadasla faydalı su kapsamı arttırılmamış toprağın daha da kurumasıyla sonuçlanmıştır.



Şekil 2. Buğdayda ortalama 781 kg da⁻¹ tane verimi için su tüketim eğrisi (Anonim 2025c)



Şekil 3. Buğday bitkisinin vejetasyon süresi boyunca ihtiyaç duyduğu yaklaşık sıcaklık aralıkları (Anonim 2025d)

Çizelge 1. Konya ilinde geçmişten günümüze sıcaklık ve yağış verileri (Anonim 2025e)				
Aylar	1927 – 2025 Minimum Sıcaklık (°C)	1927 – 2025 Maksimum Sıcaklık (°C)	1927 – 2025 Ortalama Sıcaklık (°C)	1927 – 2025 Aylık Toplam Yağış (mm)
Ocak	-4,10	4,80	-0,10	37,30
Şubat	-3,30	7,00	1,40	28,10
Mart	-0,20	11,80	5,60	29,20
Nisan	4,40	17,60	11,10	31,40
Mayıs	8,60	22,30	15,80	43,40
Haziran	12,70	26,70	20,20	25,40
Temmuz	16,00	30,20	23,60	7,60
Ağustos	15,80	30,30	23,40	6,20
Eylül	11,10	26,10	18,90	13,60
Ekim	5,90	19,90	12,80	29,10
Kasım	0,90	13,20	6,60	32,10
Aralık	-2,20	6,70	1,80	43,00

2. FEEKS SKALASINA GÖRE BUĞDAYIN GELİŞİM DEVRELERİ

2.1. Kardeşlenme

2.1.1. Tek sap

2.1.2. Kardeşlenme başlangıcı

2.1.3. Kardeşlerin oluşumu

2.1.4. Yaprak ayasının uzaması

2.1.5. Yaprak ayasının dikleşmesi

2.2. Sap Uzaması

2.2.1. Birinci boğumun görülmesi

2.2.2. İkinci boğumun görülmesi

2.2.3. Bayrak yaprağı yani son yaprağın görünmesi

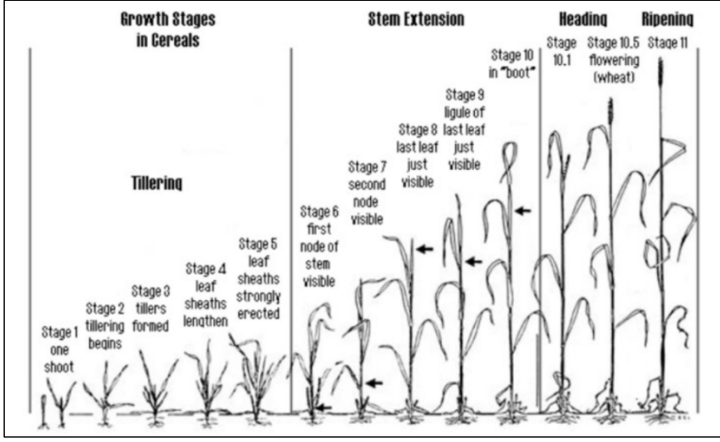
2.2.4. Bayrak yaprağı yakacığının (Ligula) görülmesi

2.2.5. Gebeleşme (başak kında ya da başak kepenekte)

2.3. Başaklanma

2.4. Çiçeklenme

2.5. Olum



Şekil 4. Large (1954); serin iklim tahıllarında Feeks Skalası' na göre bitki gelişim devreleri (Anonim 2025f)

2.1. Kardeşlenme



Şekil 5. Çimlenme; deneme alanına 25.10.2024 tarihinde metrekaresine 500 tohum hesabına göre el ile ekim yapılmıştır. Çimlenme görüntüsü 20.11.2024 tarihinde alınmıştır.

Deneme alanına kasım ayı içerisinde 8 mm yağış düşmüş, buna ilave olarak tanker ile dekara 12 mm' ye tekabül edecek şekilde su verilmiştir.

- Tohum önce su alarak şişer ve tohum kabuğu yumuşar (Hernandez Cortez, 2022, Yıldırım ve Yılmaz, 2023).
- Su alımıyla enzimler aktive olur ve depolanmış besinler parçalanarak enerji açığa çıkar (Yıldırım ve Yılmaz, 2023).
- Tohumdan ilk olarak kökçük (*Radícula*) gelişir (Boyras ve ark., 2019).
- *Radícula*'nın peşine iki seminal kök çıkar. Bu üç kökçük çıkışını ise *Koleoptil* gelişimi izler. *Koleoptil*'i takiben genotip güçlü, şartlar da uygunsa 2 – 3 seminal kök daha gelişir (Akkaya, 1994).
- Kökçükler toprakta önce yatay, sonra dikey olarak büyür (Anonim, 2025g).
- Kökten sonra gövde ve yaprakların ilk kısmı toprağı deler.
- Hasarlı veya hastalıklı tohumlar çimlenemez veya zayıf çimlenir.
- Ekim zamanı ve sonrasında yaşanan kuraklıklar çıkışı etkiler. Kurak yıllarda sulama imkânı varsa sulama yapılarak çıkışın sağlanması tavsiye edilir (Anonim 2025h).
- Bitki için en kritik dönemlerden birisidir (Anonim 2025h).
- Çimlenmeden sonraki aşamada *Primordial Yaprak* toprak yüzeyine çıkar ve fotosentez başlar.

2.1.1. Tek sap



Şekil 6. Çıkış; deneme alanına 28.12.2024 tarihinde 17 mm yağış düştü.

- İçinde *Primordial Yaprak'* ı barındıran *Koleoptil'* in toprağı delerek yüzeye çıktığı dönemdir.
- Şentürk ve ark. (2012) farklı serin iklim tahılları ile yürüttükleri çalışmalarında en yüksek *Koleoptil* uzunluğunu 80.00 mm ile bir makarnalık buğday çeşidi olan Kunduru 1149' da belirlediklerini bildirmişlerdir. Bunu 70.00 mm ile Gerek 79 ekmeklik buğday çeşidi izlemiş, en kısa *Koleoptil* uzunluğu ise 45.00 mm ile Tatlıcak 97 tritikale çeşidinde ölçülmüştür.

2.1.2. Kardeşlenme başlangıcı

- Kardeşlenme başlangıcı, tohum çimlendikten sonra bitkinin genç yaprak ve kök sistemini geliştirdiği evredir.
- Bu evrede kökler hızla uzar, ince kök uçları su ve mineral alımını artırır.
- Çıkışla birlikte görülen ilk bitki ana saptır. Tarlada verimin başlıca unsuru budur. Diğer tüm kardeşler bu ana saptan gelişir.



şekil 7. Tek sap; deneme alanına 30.12.2024, 17 mm yağış düştü.

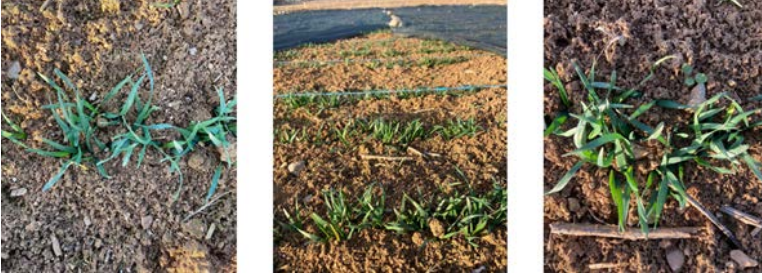
2.1.3. Kardeşlerin oluşum

- Bir tohumdan birden fazla sap meydana gelmesi olayına ‘Kardeşlenme’ denir (Kün, 1994).
- Toprak ve ışık koşullarına bağlı olarak kardeş sayısı artar.
- Kardeşlerin kendi kök sistemleri olduğundan ana sapa bağlılıkları yoktur (Kün, 1994). Kardeşlenme sistemi, tahıllarda telafinin önemli bir unsurudur. Çıkışı azaltan ya da çıkıştan sonra seyrelmeye sebep olan tüm gelişmelerden sonra, kardeşlenme artarak yetersiz bitki sayısının bir kısmını telafi eder.
- Sap uzaması bu dönemde görölmez. Bitki enerjisini kök ve kardeş oluşumunda kullanır.
- Yaprakların boyu ve genişliği artar, enerji üretimi ve büyüme kapasitesi yükselir.
- İlk yapraklar başta büyüme noktası olmak üzere bitkiyi çevresel stres faktörlerine karşı korur.
- Bu dönemde gübre ve kimyasal ilaç kullanılmaması tavsiye edilir (Anonim, 2025h).

- Kardeşler, başak ve tane sayısını artırır, yani verim potansiyelini belirler.
- Kardeşlenme yoğunluğu azot miktarına ve sulamaya bağlıdır. Yetersiz besin kardeşlenmeyi sınırlar.
- Çiftçiler kardeşlenme döneminde tarlayı gözlemleyip, gübre ve sulama ile kardeşlenmeyi optimize ederler.
- 1 – 2 kardeşli dönemde st gübreleme yapılacaksa, üre kullanılması tavsiye edilir. Herbisit uygulaması için henüz erkendir (Anonim 2025h).
- Yeterli ışık ve uygun sıcaklık, kardeşlerin sağlıklı gelişmesini sağlar. Gölge veya düşük sıcaklık kardeş sayısını azaltır.
- Çıkışın düşük olduğu olumsuz koşullarda yüksek kardeşlenme verimi artırır.
- İdeal şartlarda ise ana sap temelli verime odaklanıldığından ana sap sayısını arttırmak için sık ekim yapılır.



13.01.2025; deneme alanına 5 mm yağış düştü.



27.01.2025, deneme alanına 5 mm yağış düştü.

Şekil 8. Buğdayda kardeşlenme dönemine ait görüntüler

2.1.4. Yaprak ayasının uzaması



- Ana gövdeye yakın kardeşler daha güçlüdür; üstteki kardeşler bazen zayıf kalabilir.
- Üç kardeşli dönemde amonyum nitrat / sülfat ile üst gübreleme tavsiye edilir. Yabancı ot yoğunluğuna göre herbisit uygulanabilir (Anonim 2025h).
- Kardeşlenme sırasında yaprak kını uzamaya başlar, bu büyüme kardeşlerin fotosentez potansiyelini artırır.

24.02.2025, deneme alanına şubat ayı içerisinde toplam 4 mm yağış düştü.

Şekil 9. Yaprak ayasının dikleşmesi

2.1.5. Yaprak ayasının dikleşmesi

- Bu dönem yabancı ot kontrolü ve / veya azot uygulamaları için önemlidir.
- Buğday gelişiminin bu devresinde *Pseudostem* adı verilen bir oluşum gözlenir; bu, gelişmekte olan başakçığın (gelişen başak noktası) etrafını saran, üst üste sarılmış yaprak kınlarından oluşan sahte bir saptır (Anonim, 2025b).
- Bu evrede bu yaprak kınları uzar ve bitkiler daha dik bir hâl alır.
- Gövde büyütken koni üzerindeki boğum noktaları aktifleşmeye başlar, sap uzaması için hazırlık yapılır.
- İlk boğumun belirginleşmesine çok az kalmıştır. Bitki sapa kalkmanın eşiğindedir.



17.03.2025, deneme alanına mart ayı içinde 10 mm yağış düştü.

Şekil 10. Yaprak ayasının dikleşmesi



17.03.2025; deneme alanına 10 mm yağış düştü.

Şekil 11. Yaprak ayasının dikleşmesi

2.2. Sapa Uzaması

- Sapa kalkma, bitkinin ana gövdesi ve kardeşlerindeki sapa hızla uzadığı evredir.
- Kardeşler de sap uzatır; ana gövde genellikle en güçlü ve en uzun sapa sahiptir.
- Sap uzaması sırasında enerji, yapraklardan başak taslaklarına taşınmaya başlar (Anonim, 2025b).



24.03.2025, mart ayı içerisinde deneme alanına toplam

10 mm yağış düştü

şekil 12. Sapa kalkma başlangıcı

2.2.1. Birinci boğumun görünmesi



24.03.2025; mart ayı içerisinde deneme alnına toplam 10 mm yağış düştü.

şekil 13. Sapa kalkma başlangıcı

2.2.2. İkinci boğumun görünmesi



07.04.2025, nisan ayı içerisinde deneme alanına toplam 13 mm yağış düştü.

şekil 14. Sapa kalkma

2.2.3. Bayrak yaprağı yani son yaprağın görünmesi

- Buğday bitkisinin gelişiminde kritik bir aşama, bayrak yaprağı adı verilen son yaprağın ortaya çıkmasıdır (Anonim, 2025b).
- Bu noktada, yönetimin odak noktasının bayrak yaprağının korunmasına kaydırılması gerekir, çünkü bayrak yaprağı yüksek tane verimi elde etmek için kritik öneme sahiptir (Ünay ve ark., 2005).



28.04.2025, nisan ayı içerisinde deneme alanına toplam 13 mm yağış düşmüştür.

Şekil 15. Bayrak yaprağının görünmesi

2.2.4. Bayrak yaprağı yakacağıının (*Ligula*) görünmesi



02.05.2025, mayıs ayı içerisinde deneme alanına 9 mm yağış düşmüştür.

Şekil 16. 02.05.2025, Bayrak yaprağı yakacağıının (*Ligula*) görülmesi

2.2.5. Gebeleşme (başak kında ya da başak kepenekte)

- En ¼stteki yaprak kınının baēlandıēı boēum kendi altındaki kından ¼ıktıēında en ¼stteki kında bir şişkinlik g¼r¼l¼r. Bu duruma «Gebeleşme» adı verilir (Anonim 2025d).



02.05.2025, mayıs ayı içerisinde deneme alanına 9 mm yaēıř d¼řm¼řt¼r.

şekil 17. 02.05.2025, gebeleşme d¼nemi

2.3. Başaklanma



15.05.2025; mayıs ayı içerisinde deneme alanına 9 mm yağış dşmştş.

şekil 18. Başaklanma dönemine ait grntşler

2.4. Çiçeklenme



15.05.2025; mayıs ayı içerisinde deneme alanına 9 mm yağış dşmştş.

şekil 19. Çiçeklenme dönemine ait grntşler

2.5. Olum

- Döllenmeden sonra 20 – 25 gün süren bu dönem sonunda danede su oranı %60 civarında olup dane içi boza kıvamındadır (Kün, 1994).



29.05.2025, mayıs ayı içerisinde deneme alanına 9 mm yağış

Şekil 20. Süt olum döneminde başak görü



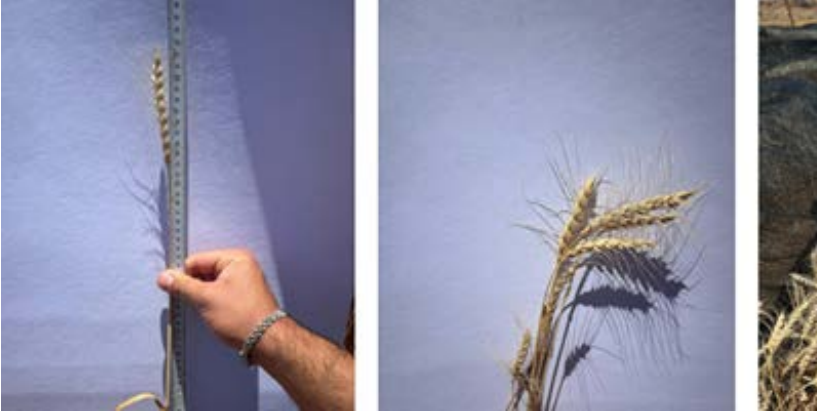
Şekil 21. Süt olum ve sarı olum arasındaki dönemde tane görüntüleri

- Maksimum ağırlık döneminde (fizyolojik olgunluk dönemi) tanenin su içeriğı hızlı bir şekilde azalış gösterir. Bu dönemde tanenin nem oranı çoğunlukla %30 – 40 civarındadır (Akkaya, 1994).
- Fizyolojik olumdan sonra dane sadece su kaybeder. Nem oranı %13.50 – 14.50’ nin altına düşünce tane tam oluma ulaşır. Kurak bölgelerde tanedeki nem oranı %7 ye kadar düşebilir (Kün, 1994).



12.06.2025, deneme alanına son yağış 01.06.2025 tarihinde 13 mm olarak düşmüştür.

Şekil 22. Sarı olum döneminde başak görünümü



27.06.2025, deneme alanına son yağış 01.06.2025 tarihinde 13 mm olarak düşmüştür.

şekil 23. Fizyolojik olum döneminde başak görünümü



şeskil 24. Fizyolojik olumda tane görünümü

KAYNAKÇA

- Akkaya, A. (1994). Buğday Yetiştiriciliği, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Genel Yayın No: 1, 225s., Kahramanmaraş.
- Anonim 2025a; www.google.com
- Anonim 2025b; https://ipcm.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/54/2022/11/UW_WheatGrowthStages.pdf
- Anonim 2025d; https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Serin%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1.pdf
- Anonim 2025e; <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KONYA>
- Anonim 2025f; <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00716.x>
- Anonim 2025g; https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/178700/mod_resource/content/0/Serin2.pdf).
- Anonim, 2025h; <https://www.siiirt.edu.tr/dosya/personel/bugdayda-buyume-ve-gelisim-siirt-2020429204642474.pdf>
- Başkan, O. (1998). Ankara koşullarında toprak profili derinliğinin nadas etkinliği üzerine etkisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 63s., Ankara.
- Boyras, M., Korkmaz, H. & Durmaz, A. (2019). Tohumda dormansi ve çimlenme, *Black Sea Journal of Engineering*

and Science, 2(3), 92 – 105.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/680694>

Hernández Cortés, J. A. (2022). Seed science research: global trends in seed biology and technology. *Seeds*, 1(1):1 – 4.
<https://doi.org/10.3390/seeds1010001>

Kün, E., 1994, Tahıllar I (Serin İklim Tahılları), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1360, 321s., Ankara.

Large, E. C. (1954). Growth stages in cereals illustration of the Feekes scale. *Plant Pathology*, 3(4), 128 – 129.

Şentürk, Ş., Bolat, N., Yorgancılar, A., Kılınç, A. T. & Yüksel, S. (2012). Serin iklim tahıllarında bazı tür ve çeşitlerin koleoptil uzunluğunun belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1):86 – 89.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/413491>

Ünay, A., Konak, C., Sezener, V. & Çağırıcı, N. (2005). Buğdayda (*Triticum aestivum* L. emThell) bayrak yaprağı özelliklerinin kalıtımı ve verim ile ilişkileri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1): 23 – 27.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/259696>

Yıldırım, G.H. & Yılmaz, N. (2023). Germination physiology and optimum values in cereals, *Muş Alparslan University Journal of Agriculture and Nature*, 3(2): 70 – 76.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2982290>

THE ROLE OF POLYPLOIDY BREEDING IN INCREASING GENETIC DIVERSITY

Ümmü TUĞLU¹

1. INTRODUCTION

Polyploidy is defined as the process of artificially inducing the presence of more than two sets of chromosomes in somatic cells to improve the agricultural and biochemical characteristics of plants (Tavan et al., 2015; Sattler et al., 2016). Polyploid organisms are generally classified into two main groups based on their formation mechanisms: autopolyploids and allopolyploids. Autopolyploids are defined as polyploid individuals resulting from the multiplication of chromosome sets belonging to the same species, while allopolyploids refer to polyploid structures that occur following the doubling of the chromosome number after hybridisation between different species. In this context, autopolyploidy is based on intraspecific chromosome duplication, while allopolyploidy is formed by the fusion of genomes belonging to different species and the subsequent doubling of chromosomes (Sağsöz et al., 2011).

Polyploidy also refers to changes in ploidy levels. The regulation of ploidy levels is considered a strategic approach for expanding phenotypic variation and revealing superior agronomic traits by enabling changes in genome organisation and gene dosage in plants (Adaniya and Shirai, 2001; Kobayashi et al., 2008). Therefore, the manipulation of ploidy is considered an effective and valuable breeding tool in the genetic improvement

¹ Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, ORCID: 0000-0002-7580-8480.

of many plant species, particularly for objectives such as increasing yield, improving quality parameters, enhancing stress tolerance, and increasing secondary metabolite production (Majdi et al., 2010; Yavari et al., 2011).

Polyploid organisms exhibit a high level of heterozygosity due to the additional allelic variation and increased gene dosage present in their genomes; this places them in a more advantageous position than their diploid ancestors in terms of ecological flexibility (Sattler et al., 2016). Increased allelic diversity allows for a broader spectrum of physiological and molecular responses to different environmental stress factors. The fact that polyploids exhibit greater genetic variation than their diploid parents (Shi et al., 2019) paves the way for increased phenotypic diversity and, consequently, expanded selection potential. This characteristic offers a strategic advantage in plant breeding programmes for the discovery and selection of new morphological, physiological, and phytochemical traits. Polyploidy is considered a powerful and versatile tool in genetic improvement studies (Zhang et al., 2010).

Colchicine has been used for many years as a strategic tool in plant breeding programmes due to its ability to inhibit the formation of mitotic spindle fibres, thereby preventing chromosome separation and inducing a high rate of polyploidy. The polyploidisation process can cause significant and lasting changes in plants in terms of morphological characteristics, biomass production, stress tolerance, vitality level, and especially the secondary metabolite profile (Tuğlu and Baydar, 2025).

2. POLYPLOIDY INDUCTION MECHANISM

Polyploidisation has emerged as a promising tool for producing genotypes with novel genetic combinations that can confer desirable traits such as increased organ size, improved

plant quality, and enhanced resistance to biotic and abiotic stresses (Madani et al., 2021; Bharati et al., 2023).

The most commonly used antimitotic agent to induce polyploidy in plant breeding is the colchicine alkaloid, obtained from the autumn crocus (*Colchicum autumnale*) plant. Colchicine binds to the tubulin protein during cell division, preventing the formation of spindle fibres (Alam et al., 2022; Sing et al., 2025). Thus, chromatids that cannot be pulled to two separate poles during the anaphase stage of mitosis remain in the same cell, doubling the number of chromosomes (Klug and Cummings, 2003).

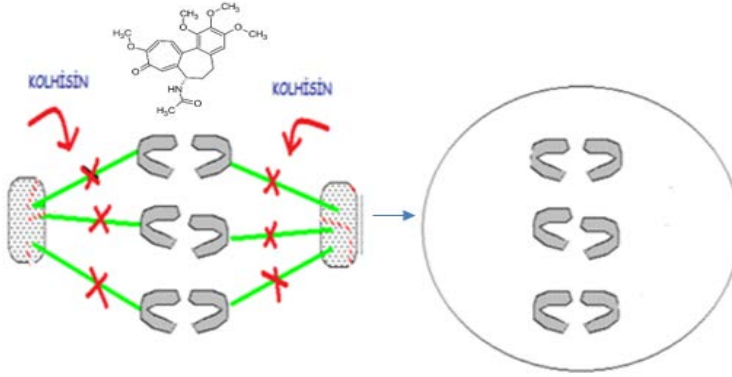


Figure 1. Mechanism of action of colchicine

Antimitotic agents such as oryzaline, trifluralin, amiprofos-methyl, ethyl methanesulfonate (EMS) and methyl methanesulfonate (MMS) exhibit equivalent or even superior efficacy compared to colchicine in polyploidisation processes and have been considered suitable alternatives to colchicine due to their relatively lower toxicity profile in terms of human health. These compounds can effectively induce chromosome multiplication through mechanisms targeting cell division and stand out as a safe and efficient tool in polyploid plant production. Thus, considering both efficacy and safety criteria, these

antimitotic drugs offer a rational and scientifically grounded alternative to classical colchicine applications.

3. APPLICATION METHODS

3.1. In Vitro

These are applications performed on plant explants under controlled laboratory conditions; they are considered the most reliable and precise method (Tepe et al., 2002). Shoot tips, leaf explants, or embryos are treated in nutrient media containing chemicals that will be used to induce polyploidy under controlled laboratory conditions. In vitro plant polyploidisation techniques have also been developed over many years. These techniques make it possible to shorten the polyploid induction period and achieve maximum efficiency because they are carried out under controlled conditions (Trojak-Goluch et al., 2021).

3.2. In Vivo

The application involves placing cotton balls containing Kolhis on the meristematic tissues of live plants, germinated seedlings, or shoot tips, and then applying it by dripping or dipping (Niu et al., 2016; Kushwah et al., 2018). After application, the plants are grown under controlled conditions in pots or containers. The next step involves planting in the field and monitoring growth and development (Tuğlu and Baydar, 2025).

3.3. Ex Vitro

The treatment of seeds or plant tissues outside the laboratory environment using chemicals for the purpose of creating polyploidy (Zhang et al., 2016; Yunus et al., 2018). Ex vitro seed treatments are applications carried out by subjecting them to biological processes. These methods are widely used, particularly for plant breeding, improving germination performance, and developing resistance to stress conditions. Ex

vitro applications are preferred in many research and production programmes because they are more practical, low-cost, and more suitable for large-scale production compared to in vitro methods.

4. CHANGES CAUSED BY POLYPLOIDY IN PLANTS

Polyploidy is considered an important tool in plant breeding due to its contribution to increasing genetic variation (Yali, 2022). Changing the number of chromosome sets and, consequently, the gene dose in the cell can lead to changes in the morphological, physiological, and biochemical characteristics of plants; this situation can cause both desirable and undesirable phenotypic outcomes. These changes generally manifest themselves in the form of organ growth (Sattler et al., 2016) and an increase in secondary metabolites, collectively referred to as the ‘Gigas effect’. The phenomenon of polyploidy, which is quite common in nature, has been detected in more than 80% of plant species and is reported to be responsible for approximately 2–4% of speciation events occurring in flowering plants (Madani et al., 2021).

The fundamental changes observed in plants as a result of polyploidy are explained below.

4.1. Morphological and Anatomical Changes

Growth in Organ Size: As a result of polyploidy applications, a significant increase in organ size is generally observed in plants (Adaniya and Shirai, 2001; Berkov, 2001). An increase in chromosome sets leads to growth in cell volume, resulting in larger plant organs at the morphological level. This phenomenon is often referred to in the literature as the ‘gigantism effect’. However, the increase in organ size can occur at different

levels depending on the species, genotype, and polyploidisation method applied.

Cellular Size and Structure: Cell volume increases and cells become larger. In particular, an increase in stoma size, accompanied by a decrease in stoma density (number) per unit area (Grouh et al., 2011), is one of the most typical indicators of polyploidy.

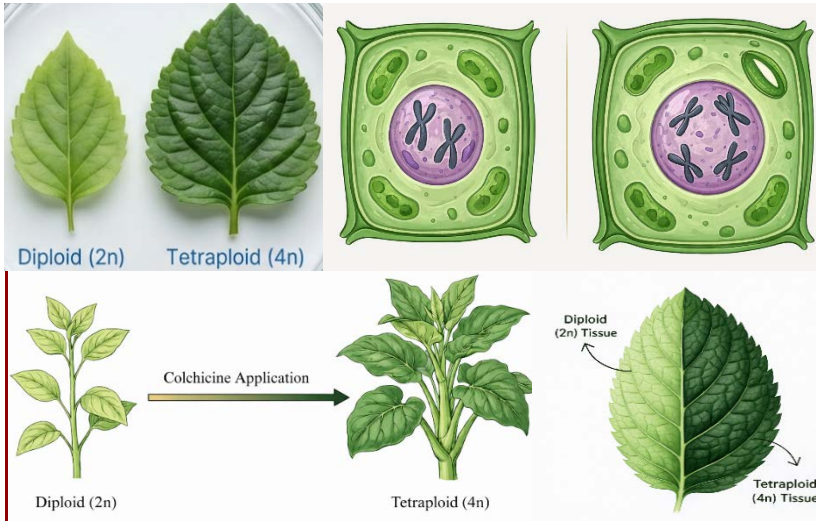


Figure 2. Morphological changes occurring in plants following the application of colchicine

Chloroplasts and Chlorophyll: The number of chloroplasts in guard cells increases (Zhang et al., 2016; Jeloudar et al., 2019), leading to an increase in chlorophyll content and photosynthetic potential.

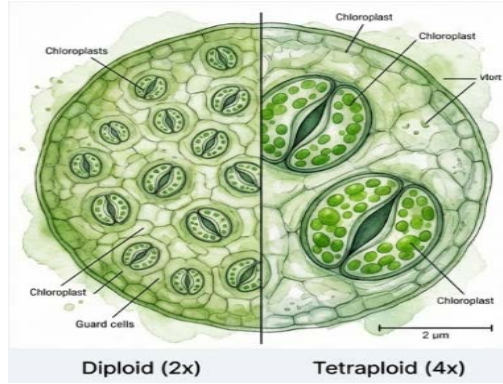


Figure 3. Stomata, chloroplast number and density in diploid and tetraploid plants

Growth Pattern: While plant height increases in some species, in others it may decrease or internodes may shorten due to a slowdown in cell division rate (Niu et al., 2016).

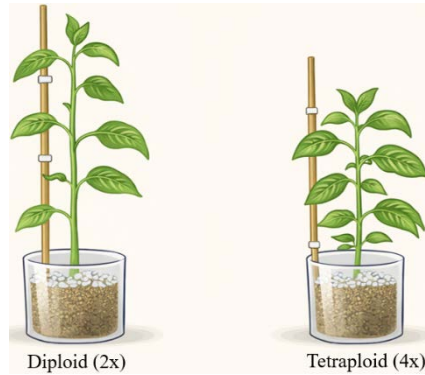


Figure 4. The form of growth and development occurring in plants

4.2. Biochemical and Phytochemical Changes

Increased Secondary Metabolite Production: Polyploidy can often increase secondary metabolite production through increased gene dosage, changes in cell size (Porturas et al., 2019), and the reorganisation of metabolic pathways (Estaji et al., 2017; Shmeit et al., 2020; Tavan et al., 2022), but this effect may vary depending on the species and genotype.

Basic Components: An increase in soluble sugars, proteins and antioxidant capacity is observed (Hassanzadeh et al., 2020).

4.3. Genetic and Physiological Changes

DNA content: The total amount of DNA in the nucleus (C value) approximately doubles (Baydar and Tuğlu, 2022; Tuğlu and Baydar, 2025).

Resilience: Polyploid plants generally exhibit higher tolerance to drought, cold, salinity and diseases than diploids (Van de Peer et al., 2021), and in some cases, physiological resilience is significantly more favourable (Tuğlu et al., 2025).

Growth Rate and Reproduction: Growth rate may slow down due to the need for more time for cell division and low osmotic pressure (Baydar, 2022). Additionally, there is a risk of sterility or reduced seed yield in polyploid individuals.

4.4. Limitations and Technical Challenges

High Mortality: Colchicine is a highly toxic substance; high doses or prolonged application lead to high mortality rates in plants (Niu et al., 2016). In this context, the application dose, duration and type of explant used are among the most decisive factors in determining the resulting mortality rates.

Mixoploidy (Chimerism): The formation of chimeric structures, in which different ploidy levels coexist in different tissues of the plant as a result of the application of chemical mutagens such as colchicine, is a common issue (Bharati et al., 2023). Furthermore, it has been observed that the tetraploid genotypes obtained following application are unable to maintain this state over a certain period and subsequently revert to a diploid or chimeric structure (Tuğlu and Baydar, 2025).

Growth Problems: In polyploid individuals, growth rates may slow down due to a decrease in osmotic pressure (Tuğlu and

Baydar, 2025); plant growth may be weaker than in diploids, or sterility may occur (Dewey, 1980; Acquaaah, 2012).

5. CONCLUSION

There are high expectations regarding the use of polyploids in plant breeding. This is of great importance both for the continuation of existing research approaches and for the development of new and innovative scientific studies. Due to their higher mutation frequency, polyploidy offers a wide range of applications in plant breeding for increasing genetic variation and identifying new traits. Today, innovative research aimed at enhancing the resistance of polyploid plants to various abiotic stress conditions and economically significant diseases is being conducted on a large scale. The high adaptive capacity of polyploid plants provides a significant advantage, particularly in the development of new plant varieties that can better adapt to changing climatic conditions. The morphological, physiological and metabolic changes arising from the increase in ploidy level in breeding programmes must be examined in detail at the molecular level. Furthermore, the detailed application of modern genome editing techniques, such as marker-assisted selection and CRISPR/Cas9, during this process will contribute to achieving more effective and targeted results in the breeding of polyploid plants.

REFERENCES

- Acquaah, G. (2012). *Principles of plant genetics and breeding* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Adaniya, S., & Shirai, D. (2001). *In vitro* induction of tetraploid ginger. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 47(1), 73–77.
- Alam, Q., Khah, M. A., & ZR, A. A. A. (2022). Comparative analysis of different chemical mutagens in inducing chromosomal aberrations in meiotic cells of *Triticum aestivum* L. *Cytologia*, 87(2), 99–105.
- Baydar, H. (2022). *Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi* (10. baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Berkov, S. (2001). Size and alkaloid content of seeds in induced autotetraploids of *Datura innoxia*, *Datura stramonium* and *Hyoscyamus niger*. *Pharmaceutical Biology*, 39(5), 329–331.
- Bharati, R., Fernández-Cusimamani, E., Gupta, A., Novy, P., Moses, O., Severová, L., ... Šrédl, K. (2023). Oryzalin induces polyploids with superior morphology and increased levels of essential oil production in *Mentha spicata* L. *Industrial Crops and Products*, 198, 116683.
- Dewey, D. R. (1980). Some applications and misapplications of induced polyploidy to plant breeding. In W. H. Lewis (Ed.), *Polyploidy: Biological relevance* (pp. 445–470). New York, NY: Plenum Press.
- Estaji, A. R., Hosseini, B., Dehghan, E., & Estaji, A. (2017). Study on colchicine treatment effects on some morphological and physiological characteristics and active substances in *Salvia leriifolia* Benth. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(4), 563–578.

- Grouh, M. S. H., Meftahizade, H., Lotfi, N., Rahimi, V., & Baniasadi, B. (2011). Doubling the chromosome number of *Salvia hains* using colchicine: Evaluation of morphological traits of recovered plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(19), 4892–4898.
- Hassanzadeh, F., Zakaria, R. A., & Azad, N. H. (2020). Polyploidy induction in *Salvia officinalis* L. and its effects on some morphological and physiological characteristics. *Cytologia*, 85(2), 157–162.
- Jeloudar, N. I., Chamani, E., Shokouhian, A., & Zakaria, R. A. (2019). Induction and identification of polyploidy by colchicine treatment in *Lilium regale*. *Cytologia*, 84(3), 271–276.
- Kanedi, M. (2022). Kembang sungsang (*Gloriosa superba* L.): A potential plant as a source of biomutagens. *Magna Scientia Advanced Biology and Pharmacy*, 7(01), 036–043.
- Kobayashi, N., Yamashita, S., Ohta, K., & Hosoki, T. (2008). Morphological characteristics and their inheritance in colchicine-induced *Salvia* polyploids. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 77(2), 186–191.
- Kushwah, K. S., Verma, R. C., Patel, S., & Jain, N. K. (2018). Colchicine induced polyploidy in *Chrysanthemum carinatum* L. *Journal of Phylogenetics & Evolutionary Biology*, 6(1), 2.
- Madani, H., Escrich, A., Hosseini, B., Sanchez-Muñoz, R., Khojasteh, A., & Palazon, J. (2021). Effect of polyploidy induction on natural metabolite production in medicinal plants. *Biomolecules*, 11(6), 899.

- Majdi, M., Karimzadeh, G., Malboobi, M. A., Omidbaigi, R., & Mirzaghaderi, G. (2010). Induction of tetraploidy to feverfew (*Tanacetum parthenium* Schulz-Bip.): Morphological, physiological, cytological, and phytochemical changes. *HortScience*, 45(1), 16–21.
- Niu, T. Y., Chen, M., Fu, Q., Dong, Y., & He, H. (2016). Identification and characterization of tetraploid and octoploid *Jatropha curcas* induced by colchicine. *Caryologia*, 69, 58–66.
- Porturas, L. D., Anneberg, T. J., Curé, A. E., Wang, S., Althoff, D. M., & Segraves, K. A. (2019). A meta-analysis of whole genome duplication and the effects on flowering traits in plants. *American Journal of Botany*, 106(3), 469–476
- Sağsöz, S., Tosun, M., & Akgün, İ. (2001). *Sitogenetik*. Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Sattler, M. C., Carvalho, C. R., & Clarindo, W. R. (2016). The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta*, 243(2), 281–296.
- Shi, C., Zhao, L., Zhang, X., Lv, G., Pan, Y., & Chen, F. (2019). Gene regulatory network and abundant genetic variation play critical roles in heading stage of polyploid wheat. *BMC Plant Biology*, 19(1), 6.
- Shmeit, Y. H., Fernandez, E., Novy, P., Kloucek, P., Orosz, M., & Kokoska, L. (2020). Autopolyploidy effect on morphological variation and essential oil content in *Thymus vulgaris* L. *Scientia Horticulturae*, 263, 109095.
- Singh, B., Yun, S., Gil, Y., & Park, M. H. (2025). The role of colchicine in plant breeding. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(14), 6743.

- Tavan, M., Azizi, A., Sarikhani, H., Mirjalili, M. H., & Rigano, M. M. (2022). Induced polyploidy and broad variation in phytochemical traits and altered gene expression in *Salvia multicaulis*. *Scientia Horticulturae*, 291, 110592.
- Tavan, M., Mirjalili, M. H., & Karimzadeh, G. (2015). In vitro polyploidy induction: Changes in morphological, anatomical and phytochemical characteristics of *Thymus persicus* (Lamiaceae). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 122(3), 573–583.
- Tepe, ř., Ellialtıoğlu, ř., Yenice, N., & Tıpırdamaz, R. (2002). Obtaining polyploid mint (*Mentha longifolia* L.) plants with *in vitro* colchicine treatment. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(4), 191–195.
- Trojak-Goluch, A., Kawka-Lipińska, M., Wielgusz, K., & Praczyk, M. (2021). Polyploidy in industrial crops: Applications and perspectives in plant breeding. *Agronomy*, 11(12), 2574.
- Tuğlu, Ü., & Baydar, H. (2025). *Tıbbi adaçayı (Salvia officinalis L.) ve Anadolu adaçayı (Salvia fruticosa Mill.)’nda kolhisin ile poliploidi uyartısının bazı morfolojik, anatomik, sitolojik ve tarımsal özellikler üzerine etkisi* (Doktora tezi). ISUBU Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta.
- Van de Peer, Y., Ashman, T. L., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2021). Polyploidy: An evolutionary and ecological force in stressful times. *The Plant Cell*, 33(1), 11–26.
- Yali, W. (2022). Polyploidy and its importance in modern plant breeding improvement.
- Yavari, S., Omidbaigi, R., & Hassani, M. E. (2011). The effects of induction of autotetraploidy on the essential oil content and compositions of dragonhead (*Dracocephalum*

moldavica L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(4), 484–489.

- Yunus, A., Samanhudi, P., Hikam, M. P., & Widiyastuti, Y. (2018). Polyploid response of *Artemisia annua* L. to colchicine treatment. *Earth and Environmental Science*, 142, 012020.
- Zhang, J., Liu, Y., Xia, E. H., Yao, Q. Y., & Gao, L. Z. (2010). Polyploidy in *Brassica napus* reduces fertility via meiotic abnormality. *Plant Biology*, 12(6), 918–924.
- Zhang, Q., Zhang, F., Li, B., Zhang, L., & Shi, H. (2016). Production of tetraploid plants of *Trollius chinensis* Bunge induced by colchicine. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 52(1), 34–38.

TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRME VE ISLAHI
ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com