

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN

Prof. Dr. Özlem ATEŞ SÖNMEZOĞLU

ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

ARALIK
2024

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı
Birinci Basım / Aralık 2024 - Ankara
ISBN / 978-625-388-114-6

© copyright

2024, Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir
yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

**ZİRAAT ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE
DEĞERLENDİRMELER**

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN
Prof. Dr. Özlem ATEŞ SÖNMEZOĞLU

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

DOĞAL AFETLERİN TARIMA YANSIMALARI

Sinan KARTAL 7

BÖLÜM 2

DOĞRUSAL ARZ TALEP DENKLEMLERİNİ EXCEL İLE OLUŞTURMA

Ahmet Semiz UZUNDUMLU, Seval KURTOĞLU, Elif GÖVEZ 23

BÖLÜM 3

AFRİKA FESLEĞENİ (*OCIMUM GRATISSIMUM L.*) FİTOKİMYASAL BİLEŞİMİ, ANTİFUNGAL VE ANTİKANSER AKTİVİTELERİ

Dilek AKIN 45

BÖLÜM 4

MİKROBİYAL BİYOTEKNOLOJİ VE YAPAY ZEKANIN KESİŞİMİ

Neslihan DİKBAŞ Sevda UÇAR, Şeyma ALIM..... 69

BÖLÜM 5

BİTKİSEL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ KOMPOST GÜBRE

Ayşe GENÇ LERMİ 83

BÖLÜM 6

KÜRESEL ISINMANIN BUĞDAYIN FENOLOJİK DÖNEMLERİNE ETKİSİ

Arzu MUTLU 99

BÖLÜM 7

KESTANENİN ÇİÇEKLENME SÜRECİ: MORFOLOJİK GELİŞİMİN AYRINTILARI

Cevriye MERT, Başak MÜFTÜOĞLU 115

BÖLÜM 8

TUZ STRESİ ÇALIŞMALARINDA DOKU KÜLTÜRÜ YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI

Damla TURAN BÜYÜKDİNÇ, Şebnem KUŞVURAN 129

BÖLÜM 9

ERZURUM İLİ HUBUBAT EKİM ALANLARINDA GÖRÜLEN ÖNEMLİ BİR ZARARLI TÜR: ANİSOPLİA AUSTRİCA (EKİN BAMBULU) (COLEOPTERA: SCARABAEİDAE: RUTELİNAE)

Alper POLAT 147

BÖLÜM 10

TARIMSAL DIŞSALLIKLAR: DEVLETİN MÜDAHALE YÖNTEMLERİ VE UYGULAMADA OLAN TARIM POLİTİKALARI

Sabri Sami TAN, Sema Ezgi YÜCEER, Sibel TAN 161

”

BÖLÜM 1

DOĞAL AFETLERİN TARIMA YANSIMALARI

Sinan KARTAL¹

¹ Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, <https://orcid.org/0000-0002-9600-8052>

Afetler, insanlık için fiziksel, sosyal ve ekonomik kayıplara neden olan, hayatın günlük doğal akışını bozarak birçok yaşamsal faaliyetin durmasına yol açan büyük çaplı olaylardır. Doğa kaynaklı ya da insan kökenli olabilen bu olaylar, bireylerin yaşamlarını doğrudan etkilediği gibi, toplumsal düzeni ve ekonomik sistemleri de derinden sarsmaktadır. Afetler, insan yaşamında ani ve geri dönüşmesi güç değişikliklere yol açarken, meydana geldikleri bölgelerde ekosistemleri bozmakta ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını tehdit etmektedir.

Tarımsal kalkınmada doğal afetler önemli bir rol oynamaktadır. Doğal afetlerle ilişkili maliyet 1950'lerden bu yana 14 kat arttığı belirlenmiştir. Doğal afetler hidrometeorolojik ve jeofiziksel afetler olarak sınıflandırılır. Sel, kuraklık, orman yangını, sıcak hava dalgası gibi afetler hidrometeorolojik afet türü olarak tanımlanmıştır. Dünyanın farklı bölgelerinden elde edilen veriler, 1993'ten 2002'ye kadar doğal afetlerin meydana gelmesinde artan bir eğilim olduğunu göstermiştir. Çevresel bozulma, doğal afet riskini doğrudan artırdığı için tarım, ormancılık ve meraların doğal afetlere karşı kırılganlığına etki eden başlıca faktörlerdendir. Tarım, mera ve ormancılıkta doğal afetlerin etkilerinin karakteristik yönleri geliştirilen metodlarla tanımlanmıştır. İklim ve hava durumu bilgileri ve tahminleri buna bağlı olarak erken uyarı sistemleri, arazi ve doğal kaynakların yönetimi ile afetlerin etkisinin azaltılması önemli bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır (Sivakumar, 2005).

Doğal afetler, dünya genelinde insan yaşamını ve ekonomik faaliyetleri olumsuz yönde etkileyen en önemli olaylar arasında yer almaktadır. Deprem, heyelan, yangın, sel, hortum ve çığ gibi doğal afetler, yalnızca insan yaşamını değil, aynı zamanda tarımsal faaliyetleri ve gıda güvenliğini de ciddi biçimde tehdit etmektedir (Smith & Brown, 2020). Bu afetler, tarımsal üretim alanlarının zarar görmesine, toprak verimliliğinin azalmasına ve çiftçilerin ciddi ekonomik kayıplar yaşamasına neden olmaktadır. Özellikle tarım, doğrudan doğaya bağlı bir sektör olması nedeniyle afetlerden en çok etkilenen alanlardan biridir. Bu durum, sadece üretim kayıplarıyla sınırlı kalmamakta; kırsal nüfusun yaşam koşullarını, ekonomik sürdürülebilirliği ve ulusal düzeyde gıda güvenliğini de tehdit etmektedir.

Afetlerin tarımsal faaliyetlere olan etkileri, afetin türüne ve şiddetine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, depremler sulama altyapısını ve tarım makinelerini tahrip ederek üretim süreçlerini durma noktasına getirirken; yangınlar tarım arazilerinde ve ormanlık alanlarda ekosistem tahribatına yol açmaktadır. Sel ve hortum gibi olaylar ise tarım alanlarının su altında kalmasına, ürün kayıplarına ve toprak yapısının bozulmasına neden olmaktadır (Johnson vd., 2018). Çığ ve heyelanlar ise özellikle dağlık bölgelerde meydana gelerek tarım arazilerinin fiziksel yapısını ve ekolojik dengesini olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada, farklı türlerde meydana gelen doğal afetlerin tarımsal faaliyetler üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Afetlerin tarımsal üretim üzerindeki fiziksel, ekonomik ve çevresel zararları değerlendirilmiş, bu zararların uzun vadede tarım sektörü ve kırsal ekonomiler üzerindeki yansımaları incelenmiştir. Ayrıca, tarım sektörünün doğal afetlere karşı daha dayanıklı hale getirilmesi için alınabilecek önlemler ve stratejiler tartışılmıştır. Bu kapsamda, afetlerin sadece tarımsal üretim alanlarına değil, gıda arzı ve güvenliğine olan etkileri de ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Doğal afetlerin etkilerini en aza indirmek için risk yönetimi ve tarım politikalarına yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu çalışma, doğal afetlerin tarımsal sistemler üzerindeki çok boyutlu etkilerini anlamak ve bu etkilerle başa çıkma yollarını tartışmak açısından önemli bir çerçeve sunmaktadır.

Depremın Tarıma Etkileri

Afetlerin en başında gelen ve geniş alanları etkileyen deprem, tarımsal alan ve faaliyetleri büyük ölçekte sekteye uğratmaktadır. Depremler, ani ve yıkıcı etkileriyle tarımsal açıdan birçok alanda olumsuz sonuca neden olmaktadır. Meydana gelen depremler tarımsal açıdan sadece fiziki olarak değil aynı zamanda sosyal ve ekonomik sonuçlarda doğurmaktadır.

Tarım alanlarının fiziksel olarak zarar görmesi, sulama sistemleri ve altyapısının bozulması, tarım makinelerinin ve tesislerinin kullanılamaz hale gelmesi gibi etkiler depremin tarıma yönelik başlıca zararlarından (Jones & White, 2019). Ancak bu etkiler, bölgenin jeolojik yapısı, tarım yapılan alanların durumu ve depremin şiddeti gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Dünyada da depremlerin tarım sektörüne olan etkisi depremin etkili olduğu birçok ülkede gözlemlenmiştir. Örneğin, 2011 yılında Japonya'da meydana gelen ve 9.0 büyüklüğündeki Tōhoku Depremi son yıllarda ve ardından oluşan tsunami, yalnızca tarım alanlarını değil, aynı zamanda kırsal ve tarımsal altyapıyı da büyük ölçüde tahrip etmiştir (Nakamura vd., 2013). Japonya'da meydana gelen depremden sonra deniz suyu tarım alanlarına ulaşmış ve toprakların tuzluluk oranını artmasına neden olmuş tarımsal üretimi uzun vadede olumsuz etkilemiştir.

2011 yılında Japonya'da meydana gelen deprem ve sonucunda oluşan tsunami büyük bir yıkıma neden olmuştur. Özellikle ülkenin tarım ve balıkçılığını önemli ölçüde etkilemiştir. Bunu takip eden nükleer kriz Fukushima Daiichi Nükleer Santrali ve ardından radyoaktif kirliliğin tespiti Japonya'daki gıdanın güvenliği açısından korkuları artırmıştır. Araştırmaların çoğu, Japonya'da yaşanan afetlerin, ülkenin gıda güvenliği endişeleri, gıda üretimine yönelik radyasyon tehditleri Japonya'nın gıda ihracatının sınırlanmasına neden olacağı gözlemlenmiştir. Birleşmiş Milletlerin çeşitli kuruluşları ve

uluslararası kuruluş, Japonya’da üretilen gıdaların güvenilirliğini yakından takip etmektedirler. Yaşanan afetler uzun vadede tarım ve gıda sektörünü olumsuz etkilemiş ve belirsizliğe sürüklemiştir (Johnson, 2011).

2015 yılında Nepal’de meydana gelen Gorkha Depremi Himalaya bölgesindeki tarım alanlarında ciddi şekilde tahriplere yol açmıştır. Deprem sonrasında birçok kırsal bölgede sulama kanalları ve su rezervuarları tahrip olmuş, bu da kuraklık koşulları kadar etkiler oluşturarak tarımsal üretimde zorluklara neden olmuştur. Aynı zamanda, ulaşım altyapısının zarar görmesi, tarım ürünlerinin pazarlara ulaşmasını engellemiş arz-talep dengesinin bozulmasına ve çiftçilerin ekonomik kayıplar yaşamasına sebep olmuştur. 25 Nisan’ da Nepal’de yaşanan deprem hem doğrudan hem de dolaylı olarak birçok etkisi olmuştur. Tarım ve biyolojik çeşitlilik birçok değişime uğramıştır. Bölgedeki halkın birçoğu tarımla geçimini sağladığı için depremden direk etkilenmiştir. Hükümetin Afet Sonrası İhtiyaç Değerlendirmesi (PDNA) tahminlerine göre depremin Nepal ekonomisine doğrudan ve dolaylı etkisi 7 milyar ABD dolarına ulaşacak, bu miktar ülkenin GSYİH’sının üçte birine denk gelecek seviyelere ulaşarak ülkeyi derinden etkilemiştir. Depremin insan ve doğa kaynaklı tetikleyici etkileri de olmuştur. Toprak kaymaları, arazi bozulması, su kaynaklarının kuruması, çığlar ve salgın hastalıklar yaşanmıştır. Felaket nedeni ile tarımsal depolar yıkılmış, tohumların zarar görmesi nedeniyle tarım ciddi düzeyde etkilenmiştir. Yapılan incelemede depremden etkilenen 7 bölgede (Gorkha, Dhanding, Lamjung, Kavre, Nuwakot, Makawanpur, Rasuwa), 104 farklı tarım mahsulünden 68 yerel çeşidin kaybolduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle deprem yoksul küçük çiftçileri etkilemiştir. Depremden etkilenen gıda ürünlerinin biyolojik çeşitliliği üzerinde önemli olumsuz etkileri olmuştur (Gauchan, Joshi, & Ghimire, 2017).

Depremlerin tarım sektörüne anlık etkileri olduğu gibi uzun vadede etkileri olmaktadır. Depremin olduğu ve etkilediği bölgelerde tarımsal üretim deseninde değişimler ve çevresel bozulmaların olduğu gözlemlenmiştir. Depremlerden sonra tarımsal altyapının yeniden inşa edilmesi genellikle uzun yıllar sürmektedir. Tarımsal inşanın uzun zaman alması çiftçiler üretim kapasitelerini kaybetmesine ve tarımsal ekonomi açısından önemli bir daralmaya sebep olmaktadır (Johnson vd., 2018).

Depremin tarımsal üretime etkileri sadece tarım alanlarındaki fiziksel yıkımlarla sınırlı kalmaktadır. Dolaylı olarak incelendiğinde psikolojik ve sosyal açıdan tarım sektörü etkilediği görülmüştür. Depremin yol açtığı yıkımlardan dolayı bölgede yaşayan yerel halk göç etmektedir. Yaşanan bu göç iş gücü kaybına neden olmaktadır. Yaşanan doğal afetler sonrası devletin bölgeyi afet zararları karşılama ve inşa etme gerekliliğinden dolayı öncelikli bütçe harcamaları değişmektedir. Buna bağlı olarak da tarım sektörüne yönelik verilen teşvik ve hibelerin azalmasına neden olmaktadır. Bu da tarımsal faaliyetleri ve tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. (Martin & Lee, 2020).

Meydan gelen depremler, toprak yapısına doğrudan etki ederek erozyon riskini artırabilmektedir. Toprak yüzeyde meydana gelen çatlaklar ve toprak kaymaları, özellikle eğimi fazla olan bölgelerde buna bağlı olarak verimli tarım alanlarının kaybına yol açabilir.

Diğer taraftan, yeraltı sularındaki hareketlilik su kaynaklarının tuzlanmasına veya kirlenmesine yol açabilir, bu da hem tarımda kullanılan sulama hem de içme suyu açısından problemler oluşturabilir (Jones & White, 2019). Deprem bölgelerinde fiziksel yıkımın fazla olduğu alanlarda tarımsal depolama tesislerinin zarar görmesi, ürünlerin muhafazasını imkânsız hale getirerek gıda kayıplarına neden olur.

Türkiye, tektonik açıdan aktif bir bölgede yer aldığı için depremlerin tarıma etkilerini her dönem olduğu görülmüştür. 1999 Marmara Depremi sırasında tarımsal üretimde büyük oranda kayıplar yaşanmış, özellikle seracılık faaliyetleri olumsuz yönden etkilenmiştir. Bölgede seraların büyük bir kısmı ya tamamen yıkılmış ya da kullanılamaz hale gelmiştir (Kaya vd., 2001). Depremden sonra tarımsal su kaynaklarının kirlenmesi, hem hayvancılık hem de bitkisel üretim için büyük problemlere neden olmuştur. Yaşanan bu problemler kısa vadede üretim kayıplarına yol açtığı gibi uzun vadede toprağın verimliliğinin azalmasına ve tarımsal faaliyetlerin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.

2023 yılında Kahramanmaraş merkezli meydana gelen deprem geniş bir bölgeyi etkilemiştir. Depremden etkilenen bölge incelendiğinde tarımsal açıdan zengin bir çeşitliliğe sahiptir. Bölge bitkisel üretimin yanında hayvansal üretim açısından da önemli bir üretime sahiptir. Ayrıca depremin etkilediği bölge tarımsal ürünlerin endüstriyel ürünlere dönüşümü yapan sanayi tesisleri bulunmaktadır. Yaşanan depremlerin şiddetinin yüksek olması can kaybı ve fiziksel yıkımın boyutunun çok büyük olması bölgede tarımsal faaliyetlerin sekteye uğramasına sebep olmuştur. Deprem etki alanında bulunan alanlarda meydana gelen kırılmalar, toprak kaymaları ve çatlaklar tarım arazilerinin bozulmasına ve kullanımının bozulmasına neden olmuştur. Yaşanan tarımsal alanlardaki olumsuzluklar, tarıma dayalı endüstride yaşanan aksaklıklar ve insan gücü kaybı, ekonomik açıdan ürüne ulaşım ve ürün fiyatlamasını olumsuz etkileyeceği ön görülmüştür (Çığ & Toprak, 2023).

Sonuç olarak, depremler tarım sektörünü çok boyutlu bir şekilde etkileyen doğal afetlerin başında gelmektedir. Deprem tarımsal üretime olan etkilerinin anlaşılması, bu etkileri en aza indirecek politika ve uygulamaların geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Deprem sonrasında yeniden inşa edilecek tarım altyapısının depremlere dayanıklı yapılması, tarımla uğraşan bölgede yaşayanların ve tarım sektöründe çalışan iş gücünü depreme karşı eğitilmesi depremin etkisinin en aza indirilmesi açısından önemlidir.

Heyelanın Tarıma Etkileri

Yamaç dengesinin bozulmasına bağlı olarak, yerçekiminin de etkisiyle arazinin bir bölümünün (kayaların, ufalanmış taşların, toprağın ve büyük ölçüde tabakaların) yamaç eğimi doğrultusunda hareket ederek şekil ve yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir (Öztürk, 2002).

Heyelanlar, özellikle eğimli ve dağlık bölgelerde tarım alanlarını ciddi şekilde etkileyen doğal afetlerdir. Toprak kaymaları, tarım alanlarının üst tabakasını taşıyarak verimli toprakların kaybına neden olur ve tarımsal üretim üzerinde yıkıcı bir etkiye sebep olur (Gonzalez & Torres, 2017). Son yıllarda yaşanan iklim değişikliği ile birlikte heyelanların sıklığını ve şiddetini artırmıştır. Heyelanların etkisi yalnızca fiziksel kayıplarla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan da birçok olumsuz etki yapmaktadır.

Türkiye heyelanların en fazla yaşandığı bölge olarak Karadeniz bölgesi karşımıza çıkmaktadır. Yaşanan heyelanların tarımsal faaliyetlere olan etkileri önemli derce hissedilmektedir. Karadeniz bölgesinde çay ve fındık gibi önemli yetiştirme alanlarına sahip ürünler heyelanlardan dolayı ciddi zararlar görmektedir. Rize ve Artvin illerinde meydana gelen heyelanlar, çay tarlalarının kaymasına ve kullanılmaz hale gelmesine yol açmıştır (Özkan & Demir, 2020). Yaşanan bu heyelanların üreticiye ekonomik açıdan sıkıntıya sokarken yetiştirilen ürünlerin fiyatlamasına da olumsuz etki etmektedir. Yaşanan heyelanlar sonucunda ulaşım yollarının kapanması tarım ürünlerinin pazara ulaşımını engellemiş buda ekonomik açıdan kayba neden olmuştur.

Dünyada da heyelanların tarıma etkisi birçok bölgede görülmektedir. 2017 yılında Kolombiya'nın Mocoa kentinde meydana gelen büyük bir heyelan, tarım arazilerinin tamamını yok etmiş ve bölgedeki çiftçiler uzun süre ekonomik sıkıntılar yaşamışlardır (Gonzalez & Torres, 2017). Yaşanan bu heyelan, toprağın derin katmanlarına kadar kaymasından dolayı tarımsal alanların dönüşü olmayacak şekilde zarar görmesine yol açmıştır. Benzer şekilde, 2014 yılında Hindistan'ın Uttarakhand eyaletinde meydana gelen heyelan, pirinç ve buğday üretimi yapılan alanların ciddi şekilde zarar görmesine neden olmuştur. Bölgedeki tarım işçileri, bu heyelandan sonra yer değiştirmek zorunda kalmıştır (Sharma & Verma, 2016).

Heyelanların tarımsal faaliyetlere olan etkisi, yalnızca tarım alanlarının kaybiyla sınırlı kalmamaktadır. Toprak kaymaları, verimli üst toprak tabakasını taşıırken, alt katmanlardaki düşük kaliteli topraklar yüzeye çıkmaktadır. Bu durum, toprağın verimliliğinin azalmasına ve tarımsal üretimin düşmesine sebep olmaktadır (Smith vd., 2021). Ayrıca, heyelan sırasında nehirlerin taşması ve taşkınlar sonrası kirlenmesi, sulama için kullanılan su kaynaklarının kalitesini düşürmektedir. Bu da hem bitkisel

üretimi hem de hayvancılığı olumsuz yönde ekilebilmektedir.

Heyelanlar, organik tarım yapan çiftçiler açısından ciddi bir tehdit oluşturur. Organik tarımda kullanılan toprakların uzun yıllar boyunca kimyasal maddelerden arındırılması gerektiği için, bu tür toprakların kaybı telafisi mümkün olmayacak kadar zararlara yol açabilir (Johnson vd., 2018). Aynı zamanda, heyelanlar sonrası meydana gelen çevresel bozulmalar, biyoçeşitliliği de tehdit eder. Bu durum, tarımsal ekosistemlerin dengesini bozarak uzun vadeli üretim kayıplarına neden olabilir.

Heyelanların tarımsal faaliyetler üzerindeki uzun süreli etkileri çok yönlüdür. Öncelikle, tarım alanlarının taşınması ve kullanılamaz hale gelmesi, çiftçilerin ekonomik sürdürülebilir tarımı tehlikeye atmaktadır. Ayrıca, heyelanlar sırasında zarar gören altyapının (örneğin sulama kanalları ve tarla yolları) yeniden inşası, yüksek maliyetli ve uzun zaman almaktadır.

Bu süreçte, çiftçilerin üretim kapasitelerinin azalmasına ve tarımsal ekonomide önemli kayıpların yaşanmasına sebep olur (Gonzalez & Torres, 2017).

Heyelanların bir diğer etkisi ise, toprak erozyonunun hızlanmasıdır. Bu durum özellikle şiddetli yağışların sık görüldüğü bölgelerde daha belirgin hale gelmektedir. Toprak erozyonu, tarım alanlarının küçülmesine ve tarımsal verimliliğin düşmesine neden olur. Ayrıca, heyelanlar nedeniyle yıkılan ormanlık alanlar, karbon emisyonlarını artırarak iklim değişikliğine katkıda bulunur ve bu da dolaylı olarak tarımsal üretimi olumsuz yönde etkiler (Smith vd., 2021).

Heyelanlar, tarım sektörü üzerinde çok yönlü ve yıkıcı etkiler yaratmaktadır. Toprak kayıplarının yanı sıra, altyapı tahribatı, çevresel bozulma ve ekonomik zararlar, bu afetin en belirgin sonuçları arasında yer alır. Heyelanların tarımsal etkilerinin azaltılması için, eğimli arazilerde tarım yapılırken doğru arazi yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesi, erozyon önleyici önlemlerin alınması ve çiftçilerin afetlere karşı bilinçlendirilmesi önemlidir. Heyelan riski yüksek tarımsal alanlarda önleyici tedbirler uygulanabilir. Yetiştirilen ürün seçiminde heyelanın zararlarından en az etkilenecek türler tercih edilmelidir. Bu tür önlemler, heyelanların neden olduğu zararların uzun vadede azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Yangının Tarıma Etkileri

Orman yangınları, sadece orman ekosistemlerini değil, aynı zamanda tarım alanlarını da doğrudan etkileyerek üretim süreçlerinin durmasına neden olabilir. Yangınların tarım üzerindeki etkileri, hem fiziksel hem de ekonomik boyutları açısından oldukça yıkıcıdır. Bu etkiler, yangının şiddetine, süresine ve etkilenen bölgenin özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Yangınlar, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozulmasına

neden olurken, tarımsal üretimi de uzun vadede sıkıntıya sokabilir. Türkiye'nin Akdeniz ve Ege bölgeleri, özellikle yaz aylarında sık sık orman yangınları yaşanmaktadır.

Küresel ısınma ile birlikte iklim değişikliği dünyada ve Türkiye'de tarıma doğrudan etki edecek seviyede yüksek risk teşkil etmektedir. Tarımsal faaliyetlerin devamlılığın sağlanması ve sürdürülebilirliği için iklim değişikliği karşısında çalışmalar yapılarak geleceği yönelik politikalar geliştirilmelidir (Deniz, & Hiç, 2022).

Bu yangınlar, yüksek ekonomik faaliyet olan tarımsal alanlarda büyük zararlara neden olmaktadır. 2021 yılında Antalya ve Muğla'da meydana gelen büyük yangınlar sırasında, zeytinlikler, bağlar ve narenciye bahçeleri gibi tarımsal alanlar tamamen yanmıştır (Yılmaz et al., 2020). Bu yangınlar, yalnızca ürün kaybına değil, aynı zamanda bu bölgelerde yaşayan çiftçilerin geçim kaynaklarının yok olmasına da sebep olmuştur. Ayrıca, yangın sonrası toprağın organik madde içeriğinin azalması ve erozyon riskinin artması, bu bölgelerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehlikeye düşürmüştür.

Dünya genelinde orman yangınlarının tarımsal etkileri birçok bölgede gözlemlenmektedir. 2019-2020 yıllarında Avustralya'da meydana gelen büyük orman yangınları, milyonlarca hektar tarım alanını etkileyerek hayvancılık faaliyetlerinde ve tahıl üretiminde ciddi kayıplara sebep olmuştur (Smith et al., 2021). Yangın sırasında birçok hayvan telef olmuş, çiftlik altyapısı kullanılamaz hale gelmiştir. Aynı zamanda, yangın sonrası toprak yapısında meydana gelen bozulmalar, üretim alanlarının yeniden kullanımını neredeyse imkânsız hale getirmiştir.

Benzer şekilde, Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaletinde sıkça yaşanan orman yangınları, üzüm bağları ve badem bahçeleri gibi yüksek değerli tarımsal ürünlerin yetiştirildiği alanları ciddi şekilde etkilemektedir. 2018 yılında meydana gelen Camp Fire yangını, bölgedeki üzüm bağlarının büyük bir kısmının yok etmiş ve bu durum, bölge ekonomisi üzerinde uzun süreli bir etkisi olmuştur (Brown & Miller, 2019). Ayrıca, yangının neden olduğu duman, tarım işçilerinin sağlığını tehdit etmiş ve hasat süreçlerini aksamasına neden olmuştur.

Orman yangınlarının tarımsal etkileri, sadece üretim kaybıyla sınırlı kalmamaktadır. Yangın sonrası toprak yapısında meydana gelen değişiklikler, uzun süreli tarımsal verimliliği etkilemektedir. Özellikle yangınlar sırasında toprağın üst tabakasındaki organik madde büyük ölçüde yanmakta, bu da toprağın besin içeriğini azaltmakta ve verimliliğini düşürmektedir (Jones & White, 2019). Bununla birlikte yanmış toprak yüzeyi suyu emme kapasitesini kaybedebilmekte ve bu da erozyon riskini artırarak su kaynaklarının kalitesini düşürmektedir. Yangınlar aynı zamanda hayvancılık

sektörünü de doğrudan etkilemektedir. Hayvanların barınaklarının ve yem kaynaklarının yok olması, çiftçilerin ekonomik kayıplarını artırmaktadır. Yem stoklarının yanması ve otlak alanlarının yok olması, hayvanların beslenmesini zorlaştırarak hayvancılık faaliyetlerini durma noktasına getirebilir. Ayrıca, yangınların neden olduğu hava kirliliği, tarım ürünlerinin kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir.

Yangınların tarım sektörüne uzun vadeli etkileri arasında, tarımsal üretim deseninde değişiklikler, toprak erozyonunun hızlanması ve çevresel bozulma yer almaktadır. Yangın sonrası yeniden ağaçlandırma çalışmaları genellikle zaman alır ve tarımsal faaliyetlerin normal seyrine dönmesi yıllar sürebilmektedir (Smith vd., 2021). Ayrıca, yangın sırasında yayılan karbon salınımı, iklim değişikliğine olumsuz yönde katkıda bulunarak dolaylı olarak tarım üzerindeki etkileri artırabilir.

Yangın sonrası bölgelerdeki tarımsal üretimin yeniden başlaması, genellikle büyük maliyetler gerektirir. Altyapının yeniden inşa edilmesi, yanmış alanların iyileştirilmesi ve çiftçilere sağlanacak teşvikler, yangınların etkilerini azaltmak için hayati önem taşımaktadır. Ancak, bu süreçler uzun zamanlar alabilmekte ve yerel ekonomiye ek yükler getirebilmektedir.

Yangınlar, tarımsal faaliyetler üzerinde çok yönlü ve yıkıcı etkiler yaratır. Ürün kaybının yanı sıra, toprağın yapısında meydana gelen değişiklikler, hayvancılık faaliyetlerinde yaşanan kayıplar ve tarımsal altyapının tahribatı, bu afetin başlıca etkileri arasındadır. Yangınların tarımsal etkilerinin azaltılması için, yangına dayanıklı tarım uygulamalarının hayata geçirilmesi, eğimli bölgelerde toprak koruma önlemlerinin alınması ve yangın sonrası destek mekanizmalarının oluşturulması gereklidir. Bu tür önlemler, yangınların tarımsal üretim üzerindeki uzun vadeli etkilerini en aza indirmeye yardımcı olabilir.

Çığın Tarıma Etkileri

Çığ, dağlık ve yüksek rakımlı bölgelerde meydana gelen, büyük kar kütlelerinin hızla aşağıya doğru hareket ettiği büyük doğal afetlerdir. Bu tür afetler, sadece insan yaşamını değil, aynı zamanda tarım ve hayvancılık faaliyetlerini de ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Çığların meydana geldiği bölgelerde, ekili alanların zarar görmesi, hayvan barınaklarının yıkılması ve altyapının tahribatı gibi sorunlar yaygındır. Bu durum yalnızca kısa vadeli kayıplar değil, aynı zamanda bölgenin tarımsal sürdürülebilirliğini de tehlikeye atmaktadır.

Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi çığ riski açısından en hassas bölgelerden başında gelmektedir. Erzurum, Van ve Bitlis gibi illerde sıkça meydana gelen çığ olayları, özellikle kış aylarında tarım ve hayvancılık faaliyetlerini kesintiye uğratmaktadır. Çığ olayları sırasında tarım arazile-

ri ve meralar kar altında kalarak kullanılamaz hale gelmekte, bu da ürün kayıplarına ve hayvanların beslenme kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır (Türkeş, 2019). 2010 yılında Van'da meydana gelen büyük bir çığ, bölgedeki meraların tamamını kaplamış ve küçükbaş hayvancılıkla geçimini sağlayan çiftçilerin ciddi kayıplar yaşamasına neden olmuştur. Ayrıca, çığ olayları sırasında yolların kapanması, tarım ürünlerinin pazara ulaştırılmasını engelleyerek ekonomik zararı artırmaktadır.

Dünyada da çığın tarımsal etkileri farklı birçok dağlık bölgede görülmektedir. 2015 yılında Nepal'de meydana gelen bir çığ, Himalaya Bölgesi'ndeki tarım alanlarını ciddi şekilde etkileyerek pirinç ve arpa gibi temel gıda ürünlerinin üretimini kesintiye uğratmıştır (Gautam, 2016). Çığ nedeniyle kapanan yollar ve tahrip olan altyapı, çiftçilerin ürünlerini pazarlamasını engellemiş ve bu durum, bölgedeki kırsal ekonomiyi olumsuz yönde etkilemiştir.

Avrupa'da ise Alpler bölgesi, çığ olaylarının sık görüldüğü bir başka coğrafyadır. Avusturya'da 2014 yılında meydana gelen bir çığ, dağlık tarım alanlarını kaplamış ve yerel çiftçilerin ekonomik kayıplar yaşamasına neden olmuştur. Çığ sonrası toprak verimliliğinde azalma görülmüş ve bu durum, bölgedeki tarımsal üretimin yeniden başlamasını zorlaştırmıştır (Smith vd., 2021).

Çığ olaylarının tarımsal üretime etkisi, yalnızca fiziksel kayıplarla sınırlı kalmamaktadır. Çığ nedeniyle kar altında kalan tarım arazilerinde toprağın su içeriği artar ve bu durum, toprak yapısının bozulmasına yol açabilmektedir. Özellikle uzun süre kar altında kalan topraklarda oksijen yetersizliği nedeniyle mikroorganizmaların etkinliği azalmakta ve bu da toprağın verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Johnson vd., 2018).

Hayvancılık açısından bakıldığında, çığ olayları hayvan barınaklarının yıkılmasına ve hayvanların telef olmasına neden olabilir. Çığ sonrası hayvanların barınsız kalması, soğuk hava koşulları nedeniyle hayvancılık faaliyetlerinin tamamen durmasına yol açabilir. Ayrıca, çığ sırasında yem depolarının zarar görmesi, hayvanların beslenmesini zorlaştırarak çiftçilerin ekonomik kayıplarını artırır. Bu tür olaylar, özellikle küçük ölçekli çiftçiler için ciddi bir finansal yük oluşturmaktadır.

Çığların tarıma uzun vadeli etkileri arasında çevresel bozulma, altyapı kaybı ve ekonomik sürdürülebilirlik sorunları yer alır. Çığ sonrası toprağın uzun süre kar altında kalması, bitki örtüsünün yenilenmesini zorlaştırabilir. Bu durum, özellikle dağlık bölgelerdeki tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, çığ nedeniyle tahrip olan yollar, sulama sistemleri ve depolama tesisleri gibi tarımsal altyapının yeniden inşası, büyük maliyetler ve zaman gerektirir (Smith vd., 2021).

Çığ riski yüksek olan bölgelerde, yalnızca tarıma dayalı bir ekonomik model sürdürülebilir olmayabilir. Bu nedenle, tarım ve hayvancılıkla uğraşan çiftçilerin, alternatif geçim kaynaklarına yönlendirilmesi önemlidir.

Çığlar, tarım sektörüne hem kısa hem de uzun vadeli zararlar veren doğal afetler arasında yer alır. Ekili alanların kar altında kalması, hayvancılık faaliyetlerinin aksaması ve altyapının tahrip olması, çığın en belirgin etkileri arasındadır. Bu etkilerin azaltılması için çığ risk haritalarının oluşturulması, dağlık bölgelerde tarımsal faaliyetlerin doğru planlanması ve çiftçilerin afetlere karşı bilinçlendirilmesi önemlidir. Ayrıca, çığ sonrası tarımsal üretimin yeniden başlaması için hızlı müdahale ve destek mekanizmalarının hayata geçirilmesi gereklidir.

Sonuç

Doğal afetlerin tarım sektörü üzerindeki etkileri, doğrudan ve dolaylı yıkımlar nedeniyle oldukça karmaşık ve çok boyutludur. Deprem, heyelan, yangın ve çığ gibi afetler, tarım alanlarının fiziksel yapısını bozarak toprak kayıplarına, üretim kapasitesinin azalmasına ve çiftçilerin ekonomik sürdürülebilirliğinin ciddi şekilde tehdit edilmesine yol açmaktadır. Bu afetlerin etkileri sadece fiziksel yıkımlarla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarda uzun vadeli olumsuz sonuçlar yaratmaktadır. Afetlerin tarım sektörüne olan etkileri, afetin türüne, şiddetine, bölgesel özelliklere ve müdahale kapasitesine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Depremler, tarımsal altyapı ve su kaynaklarında büyük tahribata yol açarken; heyelanlar, tarım arazilerinin üst katmanlarındaki verimli toprakların kaybına neden olmaktadır. Yangınlar, tarım alanlarının yanması ve toprak yapısının bozulmasıyla hem üretim kayıplarına hem de çevresel tahribata yol açmaktadır. Çığlar ise yüksek rakımlı bölgelerdeki tarım arazilerini kar altında bırakarak hem bitkisel üretimi hem de hayvancılığı olumsuz etkilemektedir. Bu tür etkiler, sadece kısa vadeli kayıplara değil, uzun vadeli sürdürülebilirlik sorunlarına da zemin hazırlamaktadır.

Afetlerin tarım üzerindeki etkileri, çevresel bozulmaları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, yangınlar ve heyelanlar nedeniyle artan erozyon, toprak verimliliğinin düşmesine ve tarımsal üretimin uzun vadede azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca, afetlerin neden olduğu altyapı kayıpları, çiftçilerin pazarlara erişimini zorlaştırmakta ve ekonomik kayıpları daha da artırmaktadır. Bu bağlamda, doğal afetlerin etkilerinin yönetilmesi, tarım sektörünün yalnızca ekonomik yönünü değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurmaya gerektirmektedir.

Küresel iklim değişikliği, doğal afetlerin sıklığını ve şiddetini artırarak tarım sektörünü daha kırılgan hale getirmektedir. Sıcaklık artışları,

düzensiz yağışlar ve aşırı hava olayları, doğal afetlerin tetikleyicisi olarak tarımsal üretimi ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum sağlayan tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, doğal afetlerin tarım üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Aynı şekilde, afet risk yönetimine yönelik politikaların oluşturulması ve uygulanması, hem tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamada hem de kırsal kalkınmayı desteklemede önemli bir adımdır.

Bu afetlerin çiftçiler üzerinde psikolojik ve sosyo-ekonomik etkileri de göz ardı edilmemelidir. Afetler sonrasında çiftçilerin yaşadığı geçim kaybı, borç yükü ve yeniden üretime geçmekte yaşadıkları zorluklar, kırsal nüfusun göç etmesine ve tarımsal faaliyetlerin azalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, kırsal ekonomilerdeki dengelerin bozulmasına ve gıda arzında sürdürülemez bir yapının oluşmasına yol açabilir. Bu bağlamda, çiftçilerin afetlere karşı bilinçlendirilmesi ve dayanıklılık kapasitelerinin artırılması gereklidir.

Sonuç olarak, doğal afetlerin tarımsal üretim üzerindeki etkilerinin azaltılması, çok yönlü bir yaklaşımı gerektirmektedir. Bölgesel afet risk haritalarının oluşturulması, tarımsal sigorta sistemlerinin güçlendirilmesi ve afet sonrası toparlanmayı hızlandıracak mekanizmaların devreye alınması gibi stratejiler, bu etkilerin azaltılmasında temel rol oynayabilir. Aynı zamanda, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen politikaların uygulanması, tarım sektörünün uzun vadeli dayanıklılığını artıracaktır. Doğal afetlere dayanıklı bir tarım sektörü, hem gıda güvenliğini sağlamak hem de kırsal kalkınmayı desteklemek açısından hayati bir öneme sahiptir. Bu tür önlemler, doğal afetlerin yıkıcı etkilerini hafifletmek ve tarımsal üretimi sürdürülebilir bir şekilde devam ettirmek için vazgeçilmezdir.

Öneriler

Doğal afetlerin tarım sektörü üzerindeki yıkıcı etkilerini azaltmak ve tarımsal sürdürülebilirliği sağlamak için kapsamlı ve stratejik önlemlerin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Öncelikle, afet riski taşıyan bölgelerde detaylı risk haritalarının oluşturulması, tarımsal faaliyetlerin bu risklere uygun şekilde planlanmasına olanak sağlayabilir. Çığ ve heyelan riski yüksek alanlarda tarımsal üretimin eğimli bölgelerden uzaklaştırılması, bu afetlerin yaratacağı zararları önemli ölçüde azaltabilir. Aynı şekilde, tarımsal üretim için uygun alanların belirlenmesi, tarım alanlarının uzun vadede korunmasına katkıda bulunacaktır. Bu süreçte, yerel ve ulusal düzeyde tarım politikalarının doğal afetlere uygun şekilde yeniden şekillendirilmesi, alınacak önlemlerin etkinliğini artıracaktır.

Bunun yanında, deprem ve yangın gibi afetlere dayanıklı tarımsal altyapının inşası, tarımsal üretimde meydana gelebilecek kesintilerin önüne geçmek için kritik bir adım olacaktır. Sulama sistemleri, seralar, depolama

tesisleri ve tarımsal mekanizasyon gibi altyapı unsurları, afetlere dayanıklı malzemelerle yeniden tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Örneğin, depreme dayanıklı sulama kanallarının ve yangına karşı dirençli tarım depolarının kurulması, afet sonrası tarımsal üretimin hızla yeniden başlamasına katkı sağlayabilir. Aynı zamanda, tarım işletmelerinin doğal afetlere karşı sigortalanması, çiftçilerin ekonomik kayıplarını hafifletmek açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda, devlet destekli tarım sigorta sistemlerinin geliştirilmesi ve bu sistemlerin afet odaklı kapsamalarının genişletilmesi gerekmektedir.

Toprak kaybını engellemek ve uzun vadede toprak verimliliğini korumak amacıyla erozyon ve toprak koruma önlemleri alınmalıdır. Teraslama, ağaçlandırma ve uygun bitki örtüsünün korunması gibi uygulamalar, heyelan ve yangın sonrası oluşan toprak kayıplarını azaltarak sürdürülebilir tarımı destekleyebilir. Özellikle, heyelan riski yüksek bölgelerde gerçekleştirilecek bitki örtüsü yenileme çalışmaları, sadece toprak verimliliğini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda erozyonun önlenmesine de katkıda bulunacaktır. Bunun yanı sıra, karbon salınımını azaltan yöntemlerin uygulanması ve ağaçlandırma çalışmalarının yaygınlaştırılması, doğal afetlerin sıklığını ve şiddetini artıran iklim değişikliğiyle mücadelede kritik rol oynayacaktır.

Çiftçilerin doğal afetlere karşı hazırlıklı olmalarını sağlamak için düzenli eğitim programları düzenlenmelidir. Bu eğitimlerde, çiftçilere afet öncesi ve sonrası alınması gereken tedbirler öğretilmeli ve afetlere uygun tarım teknikleri hakkında bilgi verilmelidir. Örneğin, çığ riski taşıyan bölgelerde yaşayan çiftçilere, tarımsal faaliyetlerini nasıl daha güvenli hale getirebilecekleri ve olası bir afet durumunda hangi adımları atmaları gerektiği anlatılabilir. Ayrıca, bu eğitim programlarında, doğal afet sonrası psikolojik desteğin önemi de vurgulanarak, çiftçilerin moral ve motivasyonlarının korunmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Erken uyarı sistemleri, yangın, heyelan ve çığ gibi afetlere karşı alınabilecek en etkili önlemlerden biridir. Bu sistemlerin kurulması ve çiftçilere etkin şekilde ulaştırılması, afetlerin yaratacağı zararı en aza indirmek için hayati bir öneme sahiptir. Örneğin, meteorolojik veriler ve topografik analizlerle entegre çalışan bir erken uyarı sistemi, çiftçilere tarım arazilerini ve hayvanlarını korumak için zaman kazandırabilir. Bunun yanında, afet sonrası destek mekanizmalarının oluşturulması, tarımdan geçimini sağlayan bireyler için bir güvence niteliği taşıyacaktır. Çiftçilere sunulacak finansal yardım, yeniden yapılandırma desteği ve psikolojik destek, tarımsal üretimin hızla yeniden başlamasını sağlayabilir.

Doğal afetlerin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için alınacak bu önlemler, aynı zamanda kırsal kalkınmayı ve gıda güven-

liğini destekleyecektir. Bu tür önlemler, afetlerin sadece fiziksel etkilerini değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal sonuçlarını da hafifletmek için gerekli olan bütüncül bir yaklaşımı temsil etmektedir. Doğru planlama, dayanıklı altyapı, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve etkili destek mekanizmaları, tarım sektörünün afetlere karşı daha dirençli hale gelmesine yardımcı olacaktır.

Kaynakça

- Brown, T., & Miller, R. (2019). Impact of wildfires on agriculture. *Journal of Environmental Studies*, 45(3), 345–367.
- Çığ, F., & Toprak, Ç. C. (2023, February 27–28). Buğday üretimi üzerinde depremlerin etkileri. *4th International Çukurova Agriculture and Veterinary Congress*, Adana, Türkiye.
- Deniz, M., & Hiç, Ö. (2022). İklim değişikliği ve tarımın değişen yüzü: artan riskler, tarımdaki daralmalar ve orman yangınları sonrası politika önerileri. *Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 12-22.
- Gautam, D. (2016). Agricultural impacts of the 2015 Gorkha earthquake and related avalanches in Nepal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15, 47–56.
- Gauchan, D., Joshi, B. K., & Ghimire, K. H. (2017). Impact of 2015 earthquake on economy, agriculture and agrobiodiversity in Nepal. *Rebuilding Local Seed System of Native Crops in Earthquake Affected Areas in Nepal. Proceedings of National Sharingshop*.
- Gonzalez, L., & Torres, M. (2017). Landslides and agriculture: A case study in Latin America. *Environmental Research*, 12(4), 102–115.
- Johnson, P., Smith, R., & Brown, A. (2018). Natural disasters and their effects on food security. *Agricultural Economics Review*, 30(2), 123–138.
- Jones, C., & White, R. (2019). Agricultural resilience in wildfire-prone regions: Challenges and solutions. *Agricultural Systems*, 178, 102–112.
- Jones, L., & White, P. (2019). Earthquakes and their socio-economic impacts on agriculture. *Global Agriculture Journal*, 15(4), 212–230.
- Kaya, Z., Çelik, E., & Yılmaz, K. (2001). 1999 Marmara Depremi'nin tarımsal üretim üzerindeki etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(3), 145–157.
- Martin, J., & Lee, H. (2020). Earthquake-induced damages in agricultural systems. *Global Risk Reports*, 18(1), 75–89.
- Nakamura, T., Takahashi, K., & Suzuki, M. (2013). Impacts of the 2011 Tōhoku Earthquake and Tsunami on Japanese agriculture. *Journal of Disaster Research*, 8(4), 56–70.
- Öztürk, K. (2002). Heyelanlar ve Türkiye'ye etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2).
- Özkan, H., & Demir, K. (2020). Heyelan olaylarının tarım arazilerine etkisi. *Karadeniz Araştırmaları*, 19(4), 324–336.
- Sivakumar, M. V. (2005). Impacts of natural disasters in agriculture, rangeland and forestry: an overview. *Natural disasters and extreme events in agriculture: Impacts and mitigation*, 1-22.

- Sharma, R., & Verma, A. (2016). Impacts of landslides on agricultural communities: Lessons from Uttarakhand, India. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 71(1), 45–60.
- Smith, J., & Black, D. (2021). Climate change and avalanches: Implications for agricultural sustainability. *Mountain Research and Development*, 40(1), 23–32.
- Smith, R., & Brown, A. (2020). *Natural disasters and agricultural resilience*. Oxford University Press.
- Türkeş, M. (2019). Türkiye’de çığ riskinin tarımsal etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 23(1), 12–19.
- Johnson, R. (2011). Japan’s 2011 Earthquake and Tsunami: *Food and Agriculture Implications* (p. 18). Washington, DC, USA: Congressional Research Service.
- Yılmaz, E., Kaya, D., & Öztürk, A. (2020). Orman yangınlarının zeytinlik alanlarına etkisi. *Ege Tarım Araştırmaları Dergisi*, 27(2), 211–229.

”

BÖLÜM 2

DOĞRUSAL ARZ TALEP DENKLEMLERİNİ EXCEL İLE OLUŞTURMA

Ahmet Semiz UZUNDUMLU¹,

Seval KURTOĞLU², Elif GÖVEZ³

1 Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum. asuzsemi@atauni.edu.tr. ORCID:0000-0001-9714-2053

2 Öğr. Gör. Dr., Bayburt Üniversitesi, Demirözü Meslek Yüksek Okulu, Veterinerlik Bölümü, Bayburt.sevalkurtoglu@bayburt.edu.tr. ORCID:0000-0002-7098-2199

3 Öğr. Gör., Atatürk Üniversitesi, Oltu Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler Ve Teknikler Bölümü, Erzurum. elif.govez@atauni.edu.tr. ORCID:0000-0002-9738-2791

Tarım, bitkisel ve hayvansal ürünleri üretmek için toprak ve tohumu kullanan insan faaliyetlerini ifade etmektedir (Uzundumlu ve Kurtoğlu, 2021a ve b). Ekonomi ise doyumsuz insan taleplerini karşılamak için sınırlı ve kıt kaynakların rasyonel kullanımını inceleyen bir sosyal bilimdir (Jonsson and Wennerlind, 2023). Ekonometri de istatistik ve ekonomik teorinin bir karışımı olup, ekonomik fikirleri test etmenin yanı sıra ekonomik verileri yorumlamak için istatistiksel ve matematiksel yaklaşımları kullanan araştırma disiplini (Miran, 2018; Gujarati, 2021). Daha güçlü bilgisayarların ve yazılımların ortaya çıkışıyla birlikte ekonometrik analizin gücü de artarak ekonomik teorilerin ampirik olarak test edilmesine olanak tanımaktadır. Örneğin ekonometrik araçlar ekonomi teorisinin beklediği gibi talep eğrisinin aşağı doğru eğimli (negatif eğim) olup olmadığını ekonometriyi kullanarak hesaplamaya çalışmaktadır (Miran, 2018). İktisat Teorisi eğim katsayısının kesin değeri hakkında herhangi bir yorumda bulunmazken “Ekonometri” kullanılarak “Talep Eğrisi” örneğinde ekonometri, bir malın fiyatındaki bir birimlik artışın talep miktarında bir azalmaya neden olup olmadığını, eğer öyleyse, belirli bir aralıkta ne kadar bir düşüş meydana geldiğini göstermektedir. En sık kullanılan ekonometri yöntemi ise regresyon analizidir (Erilli ve Çamurlu, 2018).

ARZ

Arz, belirli bir zaman dilimi içinde belirli bir miktarda ürünü satma isteğini ifade etmektedir (Felicia, 2023). Bazen arz üretime eşit olsa da durum her zaman böyle değildir. Bir ürünün arzı, ürünün piyasaya sürülen kısmı, geçmiş yıllardaki depolarda bulunan kısmı ve ithal edilen ve piyasaya sürülen ürün miktarına göre belirlenmektedir. Arzı etkileyen faktörler arasında ürünün fiyatı, tamamlayıcı mallar, alternatif mallar, üreticilerin gelecekteki fiyat beklentileri, girdi fiyatları, üretici sayısı, teknoloji ve bilgi düzeyi, sübvansiyonlar, vergiler, ihracat, ithalat ve zaman yer almaktadır (Özer ve Tiryaki, 2015; Uzundumlu, 2019; Kurniawati, 2022). *Ceteris Paribus* varsayımı, piyasada üreticilerinin belirli bir zaman diliminde çeşitli fiyat düzeylerinde satmaya hazır oldukları mal ve hizmet miktarına atıfta bulunarak, biri hariç tüm değişkenlerin sabit olduğunu belirtmektedir (Turan, 2015; Koç ve Uçak, 2022).

Arzı Etkileyen Faktörler

1. Bu Malın Fiyatı↑	Arz ↑
2. Rakip Malların Fiyatları↑	Arz ↓
3 Tamamlayıcı Malın Fiyatı↑	Arz ↑
4. Üreticiler Gelecekte Malın Fiyatının ↑ Beklerse	Arz ↓
5. Üretim Faktörlerinin Fiyatı↑	Arz ↓
6. Üreticilerin Sayısı↑	Arz ↑
7. Üreticilerin Teknoloji ve Bilgi Seviyesi ↑	Arz ↑
8. Sübvansiyonlar ↑	Arz ↑
9. Vergiler ↑	Arz ↓
10. Zaman ↑	Arz ↑
11. İhracat ↑	Arz ↓
12. İthalat ↑	Arz ↑

Arz kanunu, daha yüksek bir piyasa fiyatının arz miktarını arttırdığını belirtmekte bu da satılacak bir ürünün miktarı ile fiyatı arasında pozitif bir doğrusal ilişki olduğunu ifade etmektedir (Dinçer, 2018). Yani kısaca arz kanununda bir malın satılmak istenen miktarı ile fiyatı üzerindeki pozitif yönlü (doğrusal) ilişki olup, bu durum arz eğrisinin pozitif (+) eğimli bir eğri olduğunu göstermektedir. Genelde arz ve talep quadritik bir fonksiyonla gösterilse de daha kolay anlaşılabilmesi için genelde seçilen örnekler doğrusal fonksiyonludur.

Arz fonksiyonu: Miktar fiyatın bir fonksiyonudur (Ünsal, 2014).

$$Y=f(X) \text{ yani } Y=f(X_1, / X_2, X_3, \dots X_n)$$

Y= Bağımlı Faktör (Ürünün Miktarı)

X_1 = Değişken Faktör (Ürünün Fiyatı)

$X_2, X_3, \dots X_n$ = Sabit Faktörlerdir.

Örneğin

$q=30+2p$ miktar fiyatın bir fonksiyonu olduğu için düz arz veya arz fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

Ters Arz fonksiyonu: Fiyat miktarın bir fonksiyonudur.

$$Y=f(X) \text{ yani } Y=f(X_1, / X_2, X_3, \dots X_n)$$

Y= Bağımlı Faktör (Ürünün Fiyatı)

X_1 = Değişken Faktör (Ürünün Miktarı)

Örneğin

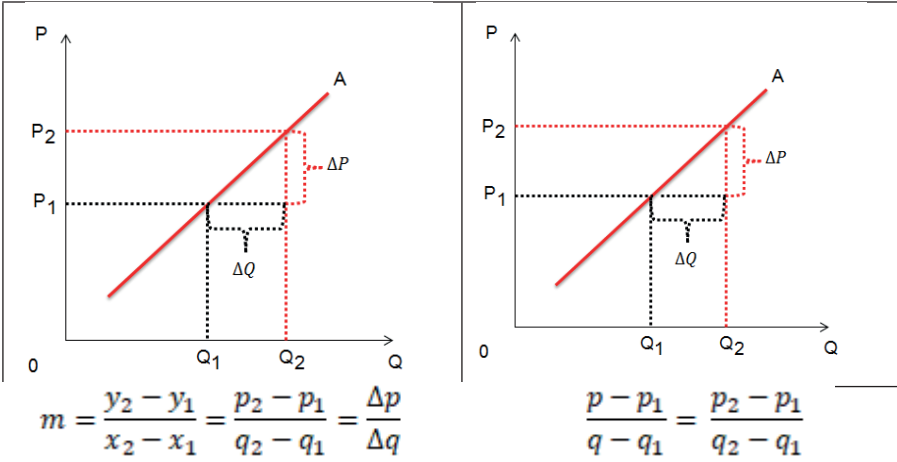
$q=30+2p$ düz arz fonksiyonu $p=(q-30)/2$ ters arz fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

Eğer arz fonksiyonu doğrusal olursa eğim her noktada aynı olur.

$$y = f(x) = a + b * x$$

$$p = a + b * q$$
 ters arz fonksiyonunu

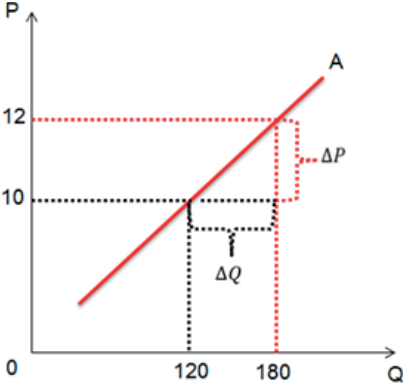
$$q = a + b * p$$
 düz arz fonksiyonunu göstermektedir.



(doğrusal fonksiyonun eğimi)

(doğrusal fonksiyonun denklemi)

Örneğin ekmek fiyatı 10 ₺/adet olduğunda haftalık, 120 adet arz edilmekte eğer ekmek fiyatı 12 ₺/âdete çıkarsa haftalık 180 adet piyasaya arz edilmektedir. Buna göre bu piyasanın; arz denklemini belirlemek için doğrusal fonksiyonu oluşturmak gerekmektedir.



$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{p_2 - p_1}{q_2 - q_1} = \frac{12 - 10}{180 - 120} \text{ ise}$$

$$m = \frac{1}{30}$$

$$m = \frac{y - y_1}{x - x_1} = \frac{p - p_1}{q - q_1} \text{ ise}$$

$$\frac{p - 10}{q - 120} = \frac{1}{30} \text{ ise } 30p - 300 = q - 120$$

Arz denklemi $q = 30p - 180$ ve

Ters arz denklemi

$$p = \frac{180 + q}{30} \text{ bulunur.}$$

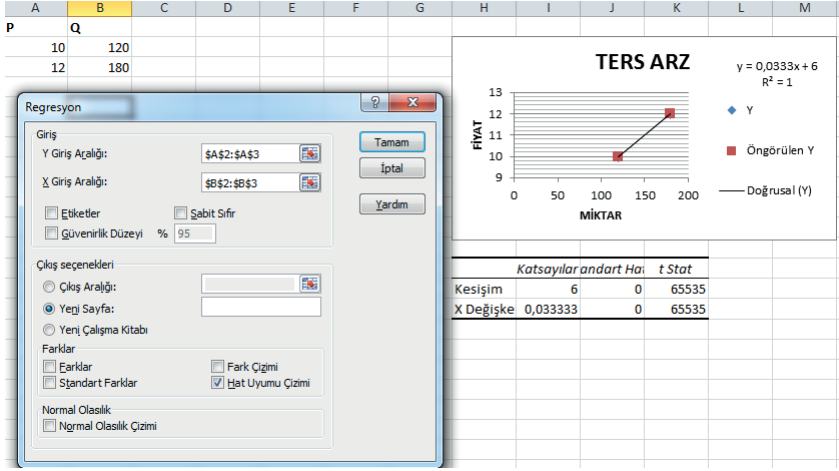
Dikkat edilirse eğim pozitifdir. Yani fiyat arttıkça arz artmakta, tersi durumda yani fiyat azaldığında arz azalmaktadır. Bu kanuna *arz kanunu* adı verilmektedir. Eğer arz fonksiyonunu quadritikse, fonksiyonu yaklaşık olarak regresyon analizlerinden bulabiliriz. Bunun nedeni bizim fonksiyonumuz quadritik ve regresyon analizi doğrusaldır. Eğer fonksiyonumuz doğrusal bir fonksiyon olursa fonksiyon denklemini, regresyon analizi mükemmel olarak yansıtmaktadır. Regresyon analizi için birçok istatistik programı vardır. Böylesine basit bir regresyon analizini excelden bile yapabiliriz. Yalnızca excelimizde veri dosyasının içerisinde veri çözümlene butonu yoktur bunu eklemek gerekmektedir. Bu butonu excelden dosya + seçenekler + eklentiler + çözümlene araç takımı + git + çözümlene araç takımını işaretle + tamam aşamaları ile ekleyebiliriz. Böylece excelde veri çözümlene butonu veri sekmesine tıklanınca en sağdaki sekme olarak görünmektedir. Artık excelde analiz yapabilmektedir.



Bundan sonra analizi şu aşamalara göre yapılmaktadır

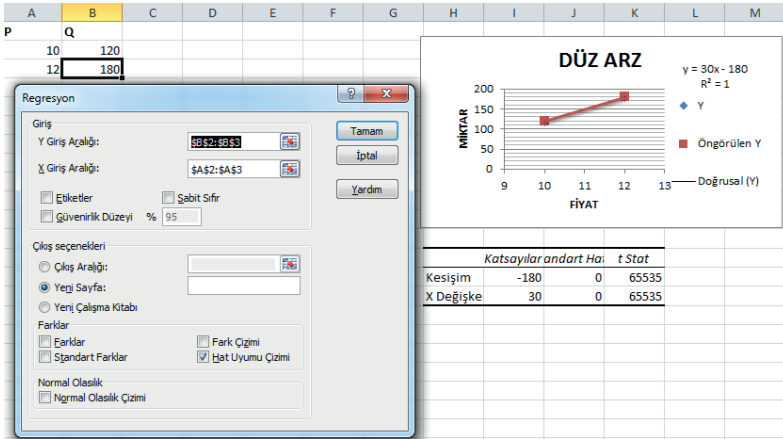
1. Aşama: Regresyon yöntemini uygulama (veri + veri çözümlene + regresyon+ tamam tıklanır)

2. Aşama: Katsayıları belirleme (Y giriş aralığına P'nin değerlerini ve X giriş aralığına da Q'nun değerleri yazılıp tamam tıklanır)



Bir önceki örnekteki fonksiyonu excelden de bulabiliriz. Görüldüğü üzere ters **Arz fonksiyonu $P = 0,033Q + 6$ 'dır.**

4. Aşama: Katsayıları belirleme (Y giriş aralığına Q'nun değerlerini ve X giriş aralığına da P'nin değerleri yazılıp tamam tıklanır.



Bir önceki örnekteki fonksiyonu excelden de bulabiliriz. Görüldüğü üzere **arz fonksiyonu $Q = 30P - 180$ 'dir.**

TALEP

Belirli bir dönemde, belirli bir miktarda mal ve hizmeti belirli bir fiyattan satın alma isteğidir. Talep, diğer değişkenler sabitken, belirli bir zaman diliminde, tüketicilerin değişik fiyat düzeyinde satın almaya hazır

oldukları mal veya hizmet miktarını göstermektedir (Uzundumlu, 2019). Diğer faktörler sabit kaldığında, fiyatla talep arasındaki ters orantıya talep kanunu denmektedir. Talep eğrisi negatif (–) eğimli bir eğridir. Genelde quadritik bir fonksiyon olsa da daha kolay anlaşılabilmesi için seçilen örnekler doğrusal modeli yansıtmaktadır. İktisatta bir değişken dışında öteki değişkenlerin sabit kabul edilmesine *Ceteris Paribus* varsayımı denmektedir (Uzundumlu, 2019; Kurniawati, 2022).

Talebi Etkileyen Faktörler (Çiftçi, 2009; Ünsal 2016).

1. Bu Malın Fiyatı↑	Talep ↓
2. Rakip Malların Fiyatları↑	Talep ↑
3. Tamamlayıcı Malın Fiyatı↑	Talep ↓
4. Tüketiciler Gelecekte Malın Fiyatının ↓ Beklerse	Talep ↓
5. Tüketicilerin Geliri↑	Talep ↑
6. Tüketicilerin Sayısı↑	Talep ↑
7. Tüketicilerin Bu Mala Olan Tercihleri↑	Talep ↑
8. Bu Mala Olan İhtiyaç↑	Talep ↑
9. Zaman↑	Talep ↑

Tamamlayıcı malların fiyatları, ikame malların fiyatları, tüketicinin geliri, tüketicinin beklentileri, tüketicilerin sayısı, zevk ve tercihler vb. faktörler sabit varsayıldığında herhangi bir X malının talep miktarını etkileyen tek şey fiyat olmaktadır (Yaylalı, 2004; Dinler, 2019).

Eğer talep fonksiyonu doğrusal olursa yani

$$y = f(x) = a + b * x$$

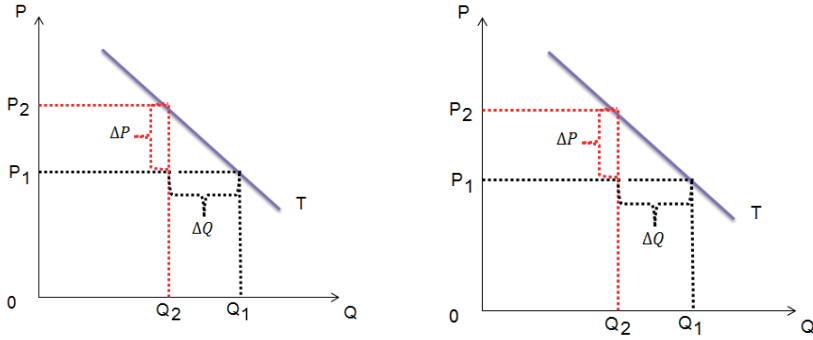
$$q = a + b * p$$

düz talep fonksiyonunu

$$p = a + b * q$$

ters talep fonksiyonunu göstermektedir.

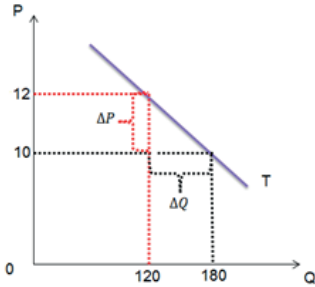
Her iki denklemde de b'nin işareti pozitifse bu denklemler arz, negatifse talep denklemleridir.



$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{p_2 - p_1}{q_2 - q_1} = \frac{\Delta p}{\Delta q} = \frac{p - p_1}{q - q_1} = \frac{p_2 - p_1}{q_2 - q_1}$$

(doğrusal fonksiyonun eğimi) (doğrusal fonksiyonun denklemi)

Örnek: Kayısı fiyatı 12 ₺/kg olduğunda haftalık, 120 kg satılmaktadır. Eğer kayısı fiyatı 10 ₺/kg'a inerse bu piyasada haftalık 180 kg kayısı satılmaktadır. Buna göre bu piyasanın; Talep eğrisinin eğimini ve talep denklemini bulunuz.



$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{p_2 - p_1}{q_2 - q_1} = \frac{10 - 12}{180 - 120} \text{ ise } m = \frac{-1}{30}$$

$$m = \frac{y - y_1}{x - x_1} = \frac{p - p_1}{q - q_1} \text{ ise } \frac{p - 12}{q - 120} = \frac{-1}{30} \text{ ise}$$

$$30p - 360 = 120 - q$$

$$\boxed{q = 480 - 30p}$$

Bu denkleme talep denklemi adı verilmektedir.

$$30p - 360 = 120 - q$$

$$\boxed{p = 16 - \frac{q}{30}} \text{ bu denkleme de ters talep denklemi adı}$$

verilmektedir.

Eğimi ikinci yoldan q 'ya göre türev olarak ta bulabiliriz.

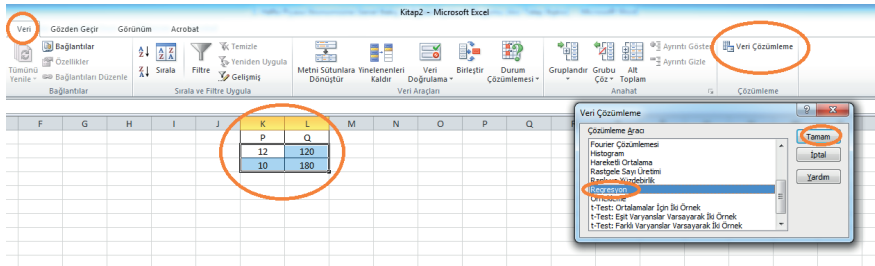
$$\boxed{\frac{dp}{dq} \text{ ise } p = 16 - \frac{q}{30}}$$

$$\text{ve } m = \boxed{\frac{-1}{30}}$$

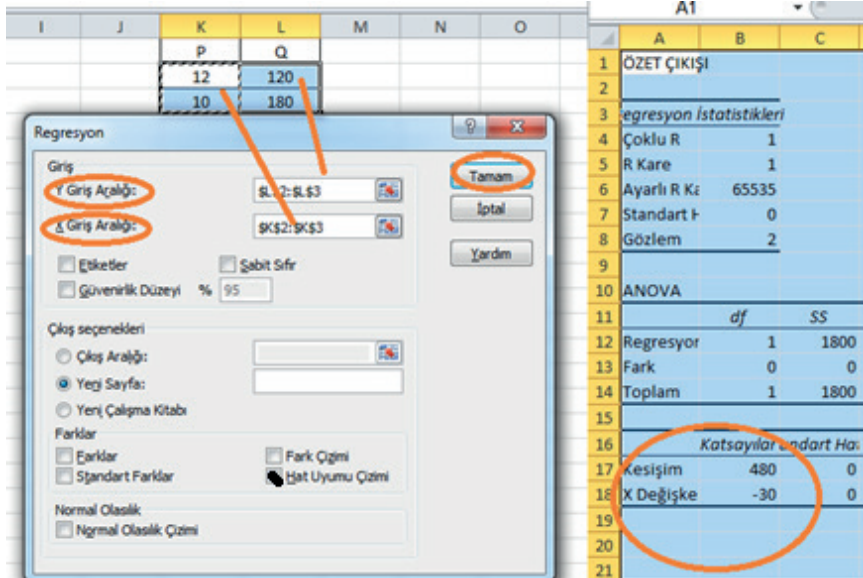
Dikkat edilirse eğim negatiftir. Yani fiyat arttıkça talep azalır tersi durumda yani fiyat azaldığında talep artmaktadır. Bu kanuna *talep kanunu* adı verilmektedir.

Talep denklemi eğer quadritikse yaklaşık olarak denklemi regresyon analizlerinden bulabiliriz. Bunun nedeni bizim denklemimiz quadritik ve regresyon analizi doğrusaldır. Eğer denklemimiz doğrusal bir fonksiyon olursa sonuçları, regresyon analizi mükemmel olarak yansıtmaktadır. Regresyon analizi için birçok istatistik programı vardır. Böylesine basit bir regresyon analizini excelden bile yapabiliriz. Yalnızca excelimizde veri dosyasının içerisinde veri çözümü butonu yoktur bunu eklemek gerekmektedir. Bu butonu excelden dosya + seçenekler + eklentiler + çözümleme araç takımı + git + tamam aşamaları ile ekleyebilirsiniz. Bundan sonra analizi şu aşamalara göre yaparız.

5. Aşama: Regresyon yöntemini uygulama (veri + veri çözümü + regresyon+ tamam)



6. Aşama: Katsayıları belirleme (y giriş aralığına q'nun değerlerini ve x giriş aralığına da p'nin değerleri yazılıp (düz talep) Hat Uyumu Çizimi işaretlenip tamam tıklanır).



H	I	J	K	L	M	N	O
			p	q			
			12	120			
			10	180			

Regresyon ? X

Giriş

Y Giriş Aralığı:

X Giriş Aralığı:

Etiketler Sabit Sıfır

Güvenirlilik Düzeyi %

Çıkış seçenekleri

Çıkış Aralığı:

Yeni Sayfa:

Yeni Çalışma Kitabı

Farklar

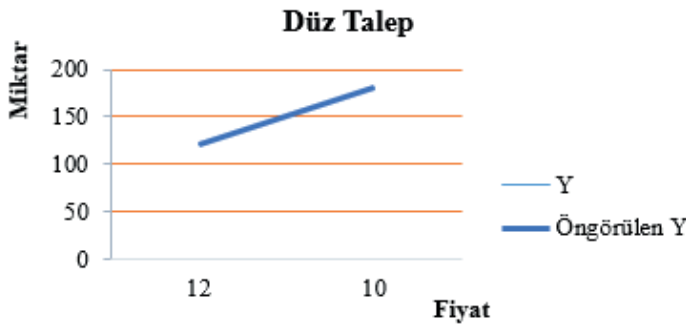
Farklar Fark Çizimi

Standart Farklar Hat Uyumu Çizimi

Normal Olasılık

Normal Olasılık Çizimi

I	J	K	L	M	N
		p	q		
		12	120		
		10	180		



Düz Talep Fonksiyonu					
	Katsayılar	andart	Ha	t Stat	P-değeri
Kesişim	480	0	65535	#SAYI!	
X Değişke	-30	0	65535	#SAYI!	
	q=480-30p				

Buna göre düz talep fonksiyonu $q=480-30p$ 'dir.

I	J	K	L	M	N
		p	q		
		12	120		
		10	180		

Regresyon
?
×

Giriş

Y Giriş Aralığı:

X Giriş Aralığı:

Etiketler Sabit Sıfır

Güvenirlik Düzeyi %

Çıkış seçenekleri

Çıkış Aralığı:

Yeni Sayfa:

Yeni Çalışma Kitabı

Farklar

Farklar Fark Çizimi

Standart Farklar Hat Uyumu Çizimi

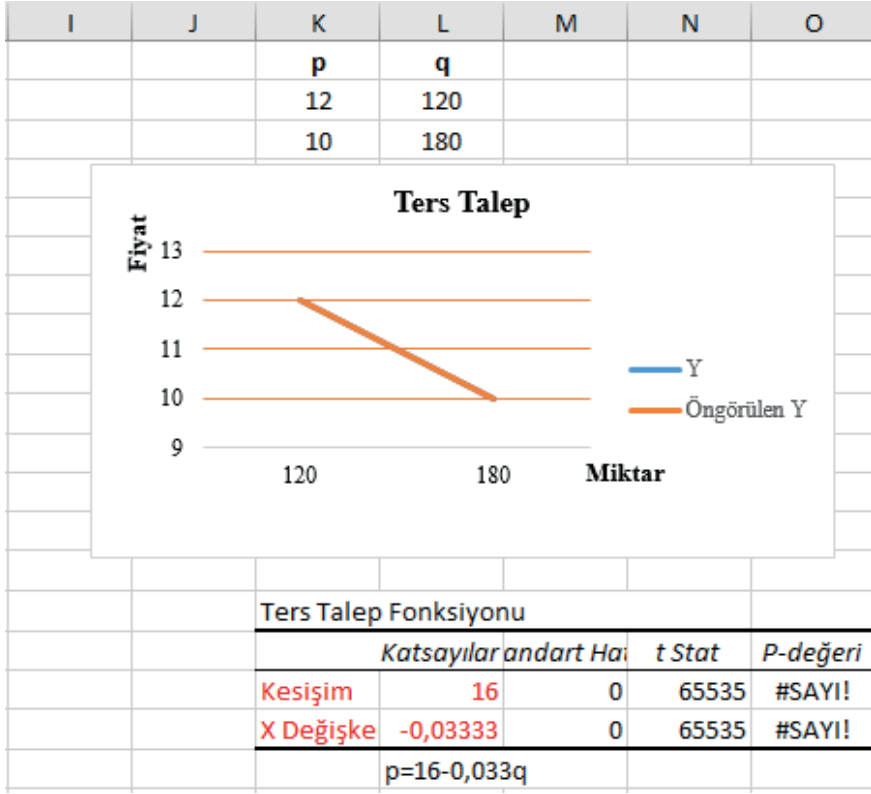
Normal Olasılık

Normal Olasılık Çizimi

Tamam

İptal

Yardım



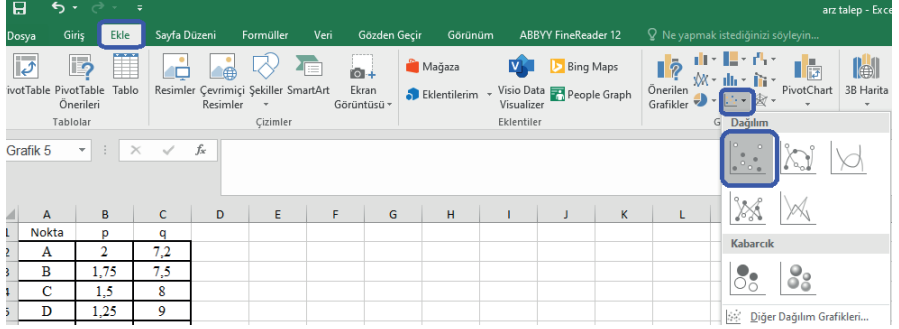
Buna göre ters talep fonksiyonu $p=16-0,033q$ 'dur.

Dondurma fiyatları ile ilgili aşağıdaki tabloda elde edilen fonksiyonların doğrusal, quadritik, üstsel, logaritmik olarak ters ve düz talep fonksiyonları ve grafikleri şu şekilde elde edilmektedir.

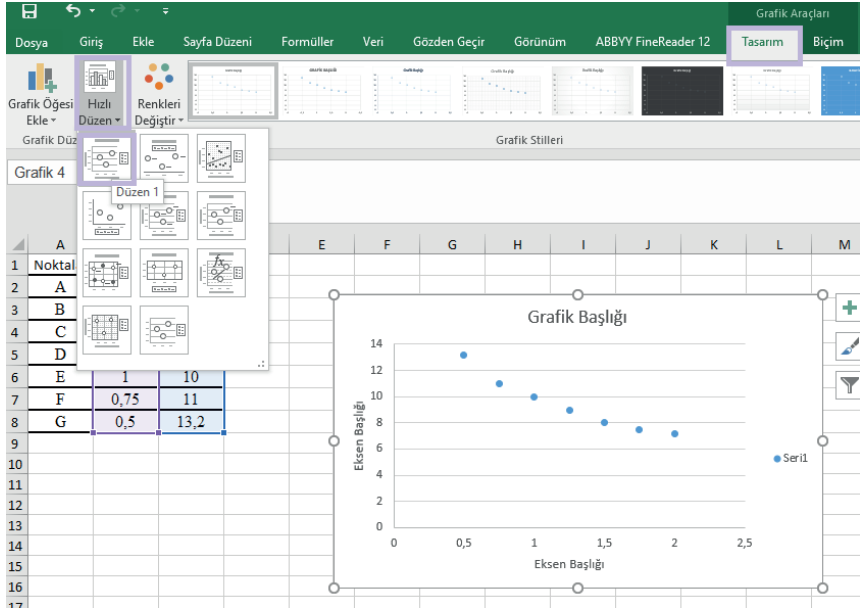
Noktalar	Fiyat (\$/kg)	Talep (milyon adet/hafta)
A	2	7,2
B	1,75	7,5
C	1,50	8
D	1,25	9
E	1,00	10
F	0,75	11
G	0,5	13,2

İlk olarak bu fonksiyon doğrusal olduğu varsayılarak analize tabi tutulduğunda yaklaşık değerler elde edilmektedir.

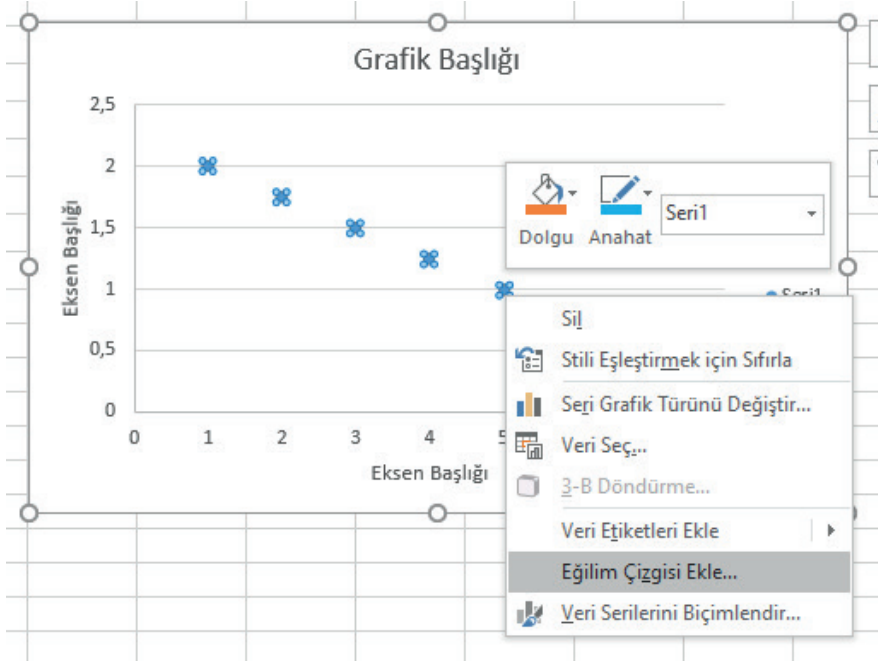
Bunun için exceldeki aşamalar veriler taranır+ ekle+ grafikler+ dağılım şeklindedir.



Bundan sonra ise tasarım+hızlıdüzen+düzenle seçilmektedir



Grafikteki noktaları sol tıkla sonra sağ tıklayıp eğilim çizgisi ekle ile sağ tarafta uygulanacak eğri çeşidi seçilmektedir.



Doğrusal şekli oluşturmak ve fonksiyonu görmek için gerekli işaretlemeler yapılarak fonksiyonlar oluşturulmaktadır.

Eğilim Çizgisini Biçimlendir

Eğilim Çizgisi Seçenekleri ▾



▲ Eğilim Çizgisi Seçenekleri


 Üstel

 Doğrusal

 Logaritmik

 Polinom

Sırala

2


 Üs

 Hareketli Ortalama

Dönem

2

Eğilim Çizgisi Adı

 Otomatik

Doğrusal (Seri1)

 Özel

Öngörü

İleri

0,0

dönemler

Geri

0,0

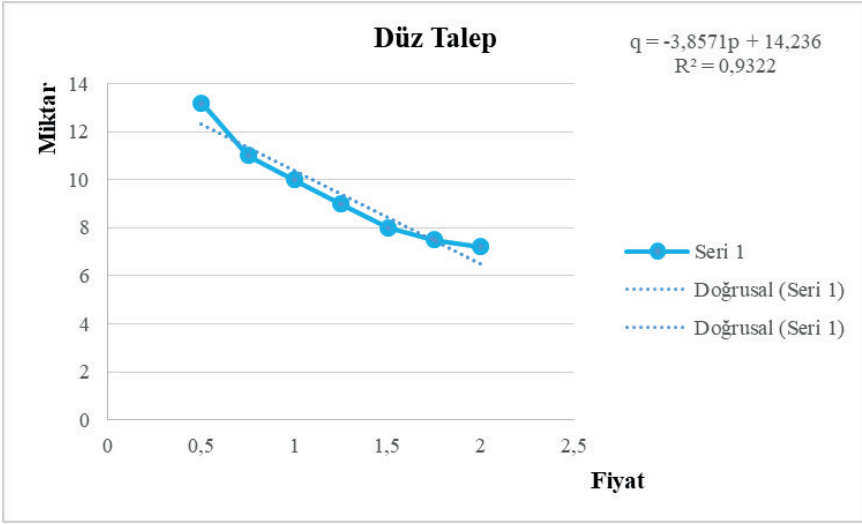
dönemler

 Kesim noktası

0,0

 Grafik üzerinde Denklemi görüntüle

 Grafik üzerinde R-kare değerini görüntüle



Ters talebi ise sağ tıklayıp veri seç+serileri düzenle ile elde edilmekte düz talepte y yerine q ve x yerine p yazılmaktadır.

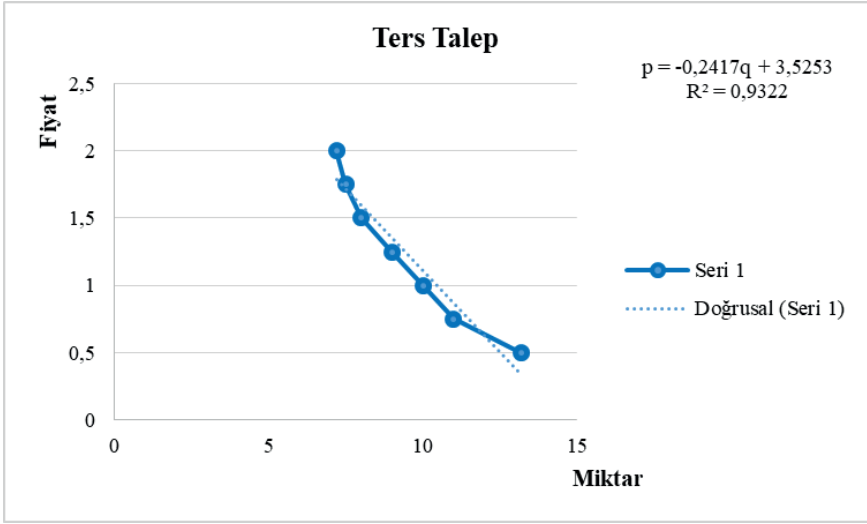
Serileri Düzenle

Seri adı: Aralık Seç

Seri X değerleri: = 7,2. 7,5. 8. 9...

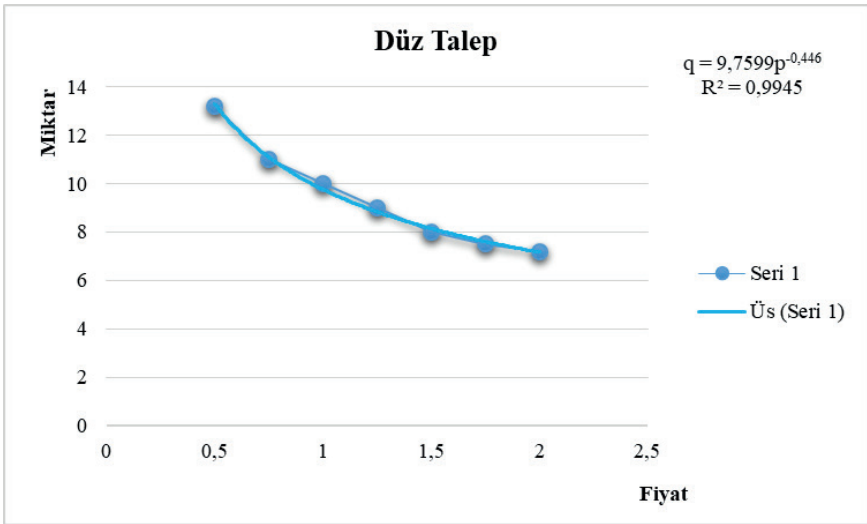
Seri Y değerleri: = 2. 1,75. 1,5. ...

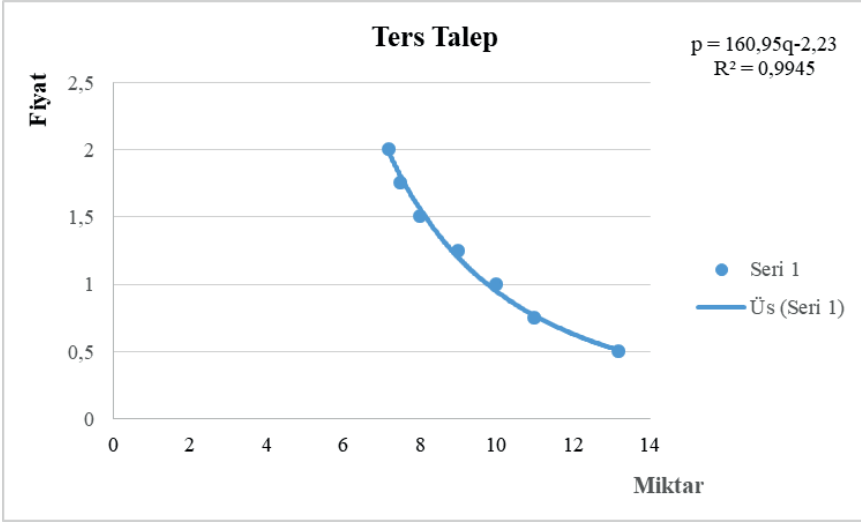
Tamam İptal



Üs olarak

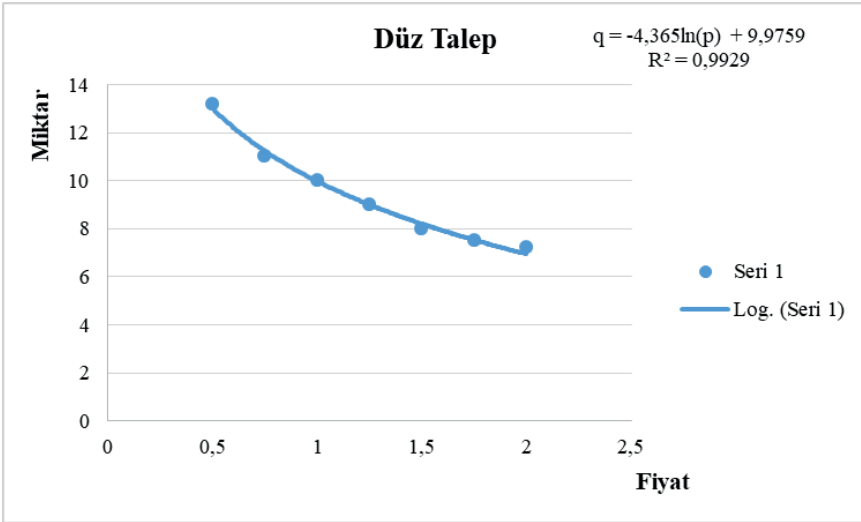
Aynı işlemler quadritik yani üs fonksiyon için yapılıncaya düz ve ters talep grafik ve fonksiyonları aşağıdaki gibi olmaktadır.

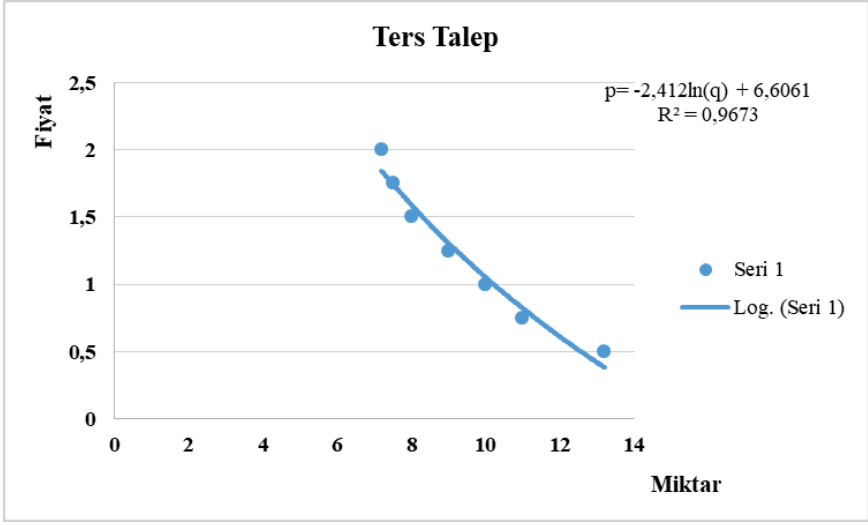




Logaritmik olarak

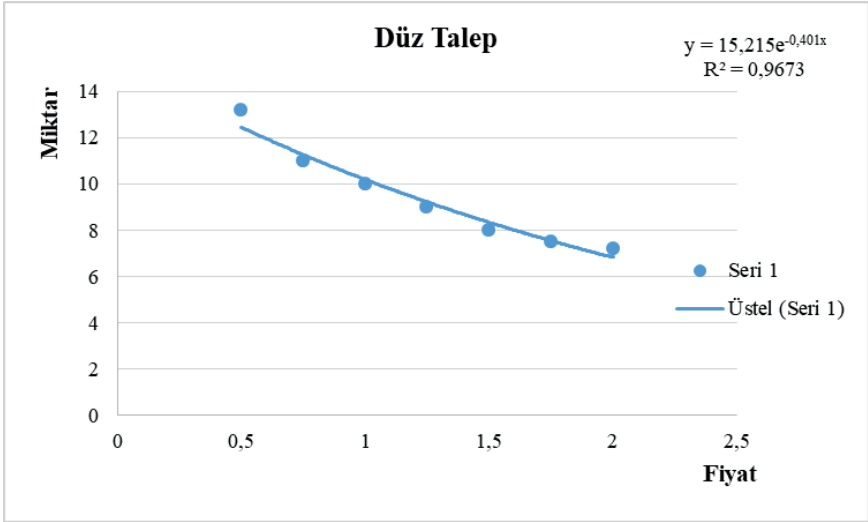
Aynı işlemler logaritmik fonksiyon için yapılmış düz ve ters talep grafik ve fonksiyonları aşağıdaki gibi olmaktadır.

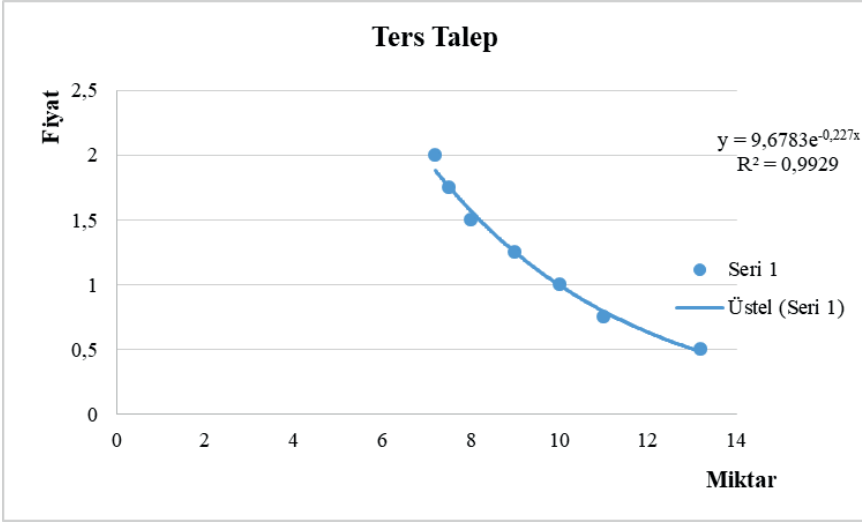




Üstel Olarak

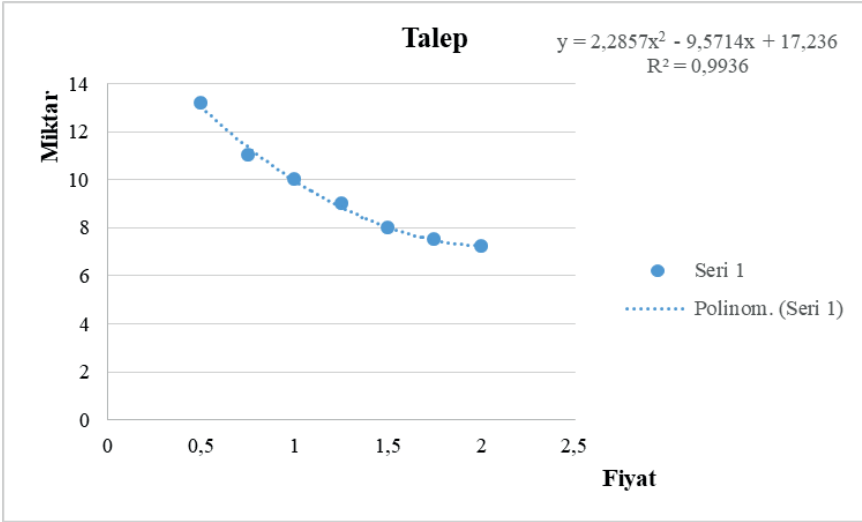
Aynı işlemler üstel fonksiyon için yapılmış düz ve ters talep grafik ve fonksiyonları aşağıdaki gibi olmaktadır.

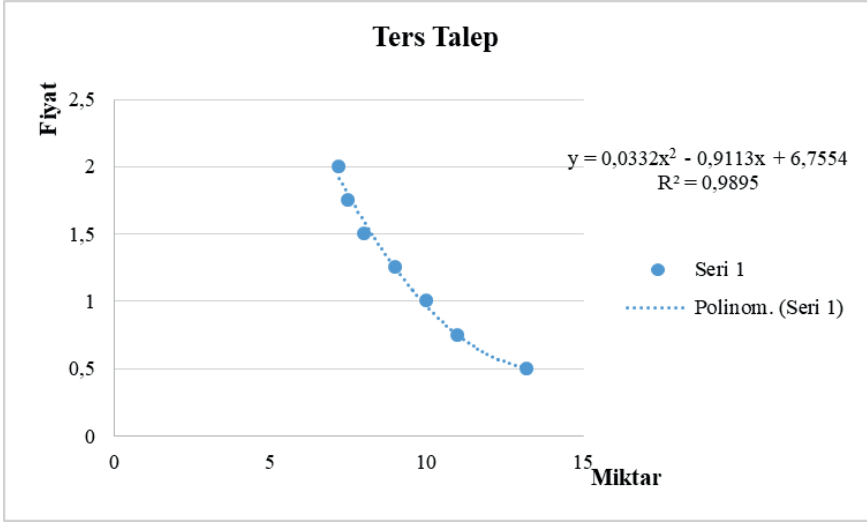




Polinom Olarak

Aynı işlemler polinom fonksiyonu için yapılıncı düz ve ters talep grafik ve fonksiyonları aşağıdaki gibi olmaktadır.





Sonuç olarak elde edilen fonksiyonlar R^2 açısından değerlendirilince doğrusal fonksiyon düz ve ters talep fonksiyonu için %93,22 oranında açıklayıcı iken, üs fonksiyon için bu oran %99,45 olup bu iki fonksiyonun düz ve ters fonksiyonu açıklama oranı aynıdır. Bu durum diğer fonksiyonlar açısından irdelendiğinde logaritmik olarak düz fonksiyonun açıklanma oranı %99,29 iken ters fonksiyonun açıklanma oranı %96,73'tür. Üstel fonksiyon logaritmik fonksiyonun tersi olduğu için düz ve ters fonksiyonun açıklanma oranı birbirinin tersi sonuçlar vererek üstel fonksiyonda düz fonksiyonun açıklanma oranı %96,73 iken ters fonksiyonun açıklanma oranı %99,29'tür. Polinom fonksiyonu açısından bakıldığında ise düz talep fonksiyonu %99,36 ve ters talep fonksiyonu %98,95 oranında açıklayıcı olmaktadır. Bu durumda verilen örneği en iyi şekilde açıklayan fonksiyon quadritik fonksiyon olmaktadır.

Kaynaklar

- Çiftçi, O. (2009). Tarım Ürünlerinde Talep Analizi, Marmara Üniversitesi, Yüksek lisans Tezi, İstanbul.
- Dinçer, M. Z. (2018). Mikro Ekonomi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi AUZEF.
- Dinler, Z. (2019). Mikro Ekonomi. Ekin Basım Yayın Dağıtım, 29. Basım, Bursa.
- Erilli, N.ve Çamurlu, S. (2018). Kantil Regresyon Analizinde Bootstrap Tahmini. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 35(2), 16-25.
- Felicia, C. (2023). Supply and Demand: the Fundamental Principles of Economics. Available at SSRN 4509737.
- Gujarati, D. N. (2021). Essentials of econometrics. Sage Publications.
- Jonsson, F. A., & Wennerlind, C. (2023). Scarcity: A history from the origins of capitalism to the climate crisis. Harvard University Press.
- Koç, H., ve Uçak, A. (2022). The Effect of the Velocity of M3 on GDP: The Case of Türkiye. Eurasian Academy of Sciences Eurasian Business & Economics Journal, Sayı: 30: 64-87
- Kurniawati, H. D. (2022). Supply and Demand in Microeconomics. The International Journal of Business Management and Technology, 6(6):74-84.
- Miran, B. (2018). Ekonometriye Giriş. Lambert Academic Publishing, İzmir.
- Orhan, O. Z. ve Seyfettin Erdoğan (2006). İktisada Giriş. 2. Baskı. İstanbul: Avcı Ofset.
- Özer, M. ve Tiryaki, A. (2015). İktisada giriş-I. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Fakültesi, Yayın, (1583), 49-72.
- Turan, Z., Nakiboğlu, A. ve Çetinkaya, N. (2015). İktisat Öğretileri ve Marshall. Electronic Turkish Studies, 10(10).
- Uzundumlu, A.S. ve Kurtoğlu, S. (2021a). Tarıma Dayalı Sanayi, Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler - Bölüm 9, Cilt 1: 171-188. Gece kitaplığı, ISBN: 978-625-8002-19-5.
- Uzundumlu, A.S. ve Kurtoğlu, S. (2021b). Kooperatifçiliğin Tarımdaki Önemi. Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler - Bölüm 4, Cilt 1: 51-62, Gece kitaplığı, ISBN: 978-625-8075-39-7.
- Uzundumlu, A.S., 2019. Genel Ekonomi Ders Notları. <https://avesis.atauni.edu.tr/asuzsemi/dokumanlar>.
- Ünsal, E. (2016). İktisada Giriş. Ankara: BB101 Yayınları.
- Yaylalı, M. (2004). Mikro İktisat. Üçüncü Baskı, İstanbul: Beta Yayınevi.

”

BÖLÜM 3

**AFRİKA FESLEĞENİ (*Ocimum
gratissimum L.*) FİTOKİMYASAL
BİLEŞİMİ, ANTİFUNGAL VE
ANTİKANSER AKTİVİTELERİ**

Dilek AKIN¹

¹ Dr. Öğr. Gör., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Bitki Koruma Programı, dilekakin@karatekin.edu.tr , ORCID: 0000-0003-0908-9075.

1. GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen ürünler (özellikle uçucu yağlar), antik çağlardan bu yana kullanılmakta olup günümüzde ise kozmetik, gıda ve ilaç endüstrileri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Chimnoi vd., 2018; Tran vd., 2018; Melo vd., 2019).

Dünyada ve Türkiye’de ekonomik değeri artan tıbbi ve aromatik bitkilerin farklı amaçlarda kullanım imkanları ve yararları önem kazanmaktadır (Acıbuca ve Budak, 2018). Araştırmaların gelişmesiyle birlikte, tıbbi bitkilerin hastalıkların tedavisinde sunduğu yararlılığın, klinik ve terapötik ilgililerin hedefi olmasının yanı sıra bitkileri koruyan önemli sekonder metabolit kaynakları olmaları gerçeğiyle ilişkili olduğu bilinmektedir (Al-Rimawi vd., 2020).

Gelişmekte olan ülkelerdeki dünya nüfusunun en az %75-%95’i tedavi için hala geleneksel ilaçlara güvenmektedir. WHO’ya göre bunların büyük bir kısmı bitki ekstrelerini veya bunların biyoaktif bileşenlerinin kullanımını içerir (Robinson ve Zhang, 2011). Ekonomik değeri yüksek tıbbi ve aromatik bitkilerin uçucu yağı önem arz etmektedir. Son yıllarda ülkemizde uçucu yağlar ile ilgili bilimsel çalışmalardaki artış bu durumun en önemli göstergelerinden biridir (Yaman vd., 2021).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin yaygın kullanımı insanların sağlık konusunda farkındalıklarının artması, hastalıklara karşı önlem olarak kendi tedavilerini oluşturma istekleri ile ilgilidir. Bu yaklaşımlar tıbbi ve aromatik bitkilerin yeni endüstriyel ürünlere dönüştürülmesinde teşvik edici rol oynar. Gıda takviyeleri, baharatlar, bitkisel ekstreler ve bitki çayları gibi ürünler kodeks ve farmakopelere uygun standart yöntemler uygulanarak üretilmelidir (Varlı ve Hancı, 2020).

2. AFRİKA FESLEĞENİ (*Ocimum gratissimum* Linn., **Karanfil fesleğeni**)

Dünyada ılıman bölgelerde yetiştirilen ve Lamiaceae familyasına ait Ocimum cinsi olarak tanımlanan yaklaşık 160 tür vardır (Hussain vd., 2017). *Ocimum* cinsi, fesleğen olarak bilinmekte olup niceliksel ve niteliksel özelliklerinin çeşitliliği sebebiyle oldukça değerlidir. Aynı zamanda *O. gratissimum*, genel olarak Afrika fesleğeni veya karanfil fesleğeni olarak bilinir (Nweze ve Eze, 2009). *O. gratissimum*, syn. *O. viride* ve *O. viridiflorum* olarak bilinir (Kakurde vd., 2024). Afrika, Asya ve Güney Amerika’ da yetişir (Tanko vd., 2008; Akara vd., 2021). Bitkinin dünyada bulunduğu bölgeler Şekil 2’ de gösterilmiştir.

Ocimum gratissimum L. (karanfil fesleğeni), Lamiaceae familyasına ait, 1-3 m yüksekliğe ulaşabilen çok yıllık otsu bir bitkidir (Srivastava vd., 2021; Kumar ve Lal, 2022). 5-13 cm uzunluk ve 3-9 cm genişliğinde

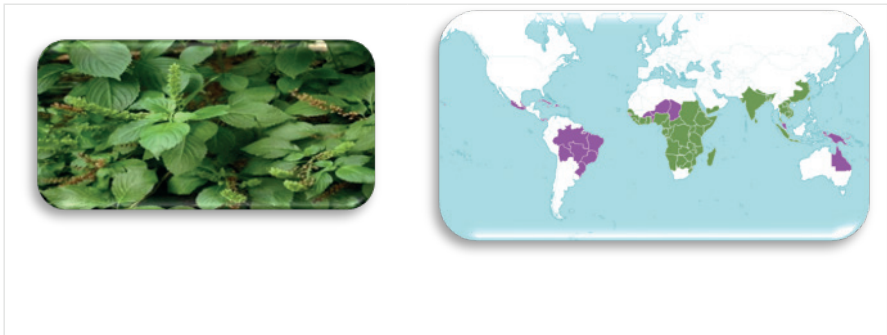
oval yapraklara ve 1-6 cm uzunluğunda yaprak saplarına sahiptir. Çiçekleri 5-30 cm uzunluğunda basit veya dallı demetler halindedir (Dharsono vd., 2022). Bu tür için öjenol, timol, sitral, linalol ve etil sinnamat olarak farklı kemotipler bulunabilir. Öjenol kemotipi için, uçucu yağdaki konsantrasyonu tüm bileşimin %50' sinden fazladır (Joshi vd., 2017). Şekil 1' de *O. gratissimum*' a ait taksonomik sınıflandırma verilmiştir.

Bilimsel Sınıflandırma	
Alem	Plantae
Bölüm	Magnoliophyta
Sınıf	Magnoliopsida
Takım	Lamiales
Familiya	Lamiaceae
Cins	Ocimum
Tür	gratissimum



Şekil 1. *Ocimum gratissimum*' un bilimsel sınıflandırması (Kakurde vd., 2024; Gilles ve Antoniotti, 2023 (Rison Thumboor, Thrissur, India))

O. gratissimum Nijerya ve diğer sahraaltı Afrika ülkelerinde genellikle kokulu yaprak olarak adlandırılır. Literatürde kokulu yaprağın besin maddesinden çok ilaç olarak kullanıldığı belirtilir. Güçlü fitokimyasallar ve uçucu yağlar içermektedir. Bu bitkinin kökünden tohumlarına kadar neredeyse her parçası insan için çok değerlidir. Yaprakları yüksek besin içeriğine sahip olup koyu yeşil renktedir ve sıvı ekstraktları altın kahverengi renkte görünür (Okafor vd., 2021). Dünyanın tropikal ve subtropikal bölgelerinde yaygın olarak kullanılmakta ve yetiştirilmektedir.



Şekil 2. *O. gratissimum* ve Dünya' da dağılımı (Ojevumi vd., 2021; POWO 2024)

3. AFRİKA FESLEĞENİNİN (*Ocimum gratissimum* L.) FİTO-KİMYASAL BİLEŞENLERİ

Tıbbi ve aromatik bitkilerin hemen hemen tüm kısımlarından elde edilen uçucu yağlara olan talep son zamanlarda yerli tıptaki önemi nedeniyle artmıştır (Burth 2004). *O. gratissimum* L. veya çeşitli morfolojik kısımlarının fitokimyası üzerine çok sayıda araştırma mevcut olup bu çalışmalar birçok ana bileşenin tanımlanmasıyla sonuçlanmıştır (Rubab vd., 2017; Lal vd., 2021a; Lal vd., 2021b; Rai vd., 2023).

O. gratissimum'dan elde edilen biyoaktif bileşikler arasında fitokimyasallar (oleanolik asit, kafeik asit, ellagik asit, epikateşin, sinapik asit, rosmarinik asit, klorojenik asit, luteolin, apigenin, nepetoidin, ksantomikrol, nevadensin, salvigenin, gallik asit, kateşin, kuersetin, rutin ve kamfor) ve uçucu yağlar (kamfen, β -karyofilen, α - ve β -pinen, α -humulen, sabinen, β -mirsen, limonen, 1,8-sineol, trans- β -osimen, linalol, α - ve δ -terpineol, öjenol, α -kopen, β -elemen, p-simen, timol ve karvakrol) yer almaktadır (Ugbogu vd., 2021).

Fesleğenin (özellikle *O. gratissimum*) uçucu yağının kimyasal bileşimi, çevresinden ve mevsimlerden büyük ölçüde etkilenir (Shah vd., 2022; Kumari vd., 2023; Lal vd., 2023; Saran vd., 2023). *O. gratissimum* yaprağının uçucu yağı önemli miktarda öjenol, timol, kafur, pinen, limonen ve tıbbi özelliklerden sorumlu diğer kimyasal bileşenleri içerir (Akpoghelie vd., 2022). Çeşitli çalışmalar bu bitkinin uçucu yağın antioksidan (Pereira vd., 2007; Prakash vd., 2011; Tsurunaga vd., 2022), antihiperglisemik (Casanova vd., 2014; Aguiyi vd., 2000), hepatoprotektif (Akara vd., 2021), antiinflamatuar (Sahouo vd., 2003; Ajayi vd., 2019), antifungal (Philippe vd., 2012) ve antibakteriyel (Melo vd., 2019) gibi farmakolojik aktivitelere sahip olduğunu göstermiştir (Nakamura vd., 1999; Pandey, 2017; Chimnoi vd., 2018; Ugbogu vd., 2021).

Uçucu yağların biyolojik aktivitesi kimyasal bileşenlerine bağlıdır. Bu bileşenler ise agronomik koşullar, bitkilerin genotipleri, kurutma yöntemleri, ekstraksiyon yöntemleri, coğrafi konumlar ve hasat mevsimleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilir (Mith vd., 2016). Bu durumlar bileşen verimlerinin biyolojik aktiviteler üzerine etkisi açısından değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Aynı zamanda Afrika fesleğeni uçucu yağları üzerine yapılan araştırmalarda farklı teknikler kullanılması sebebiyle de elde edilen yağ içeriklerinin değişiklik gösterebileceği sonucuna da varılabilir. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen *O. gratissimum*'a ait uçucu yağ verimleri, ana bileşenleri ve bazı bileşenlere ait molekül yapıları verilmiştir (Tablo 1, 2, 3).

Tablo 1. *O. gratissimum* uçucu yağ verimleri (%)

Verim (%)	Referans
% 0,18	Mohr vd., (2017)
% 0,21-0,7	Dubey vd., (2000), Matasyoh vd., (2007), Joshi (2013)
% 0,12	Chimnoi vd., (2018)
% 1,66	Melo et al. (2019)
% 1,31	Ashokkumar vd., (2020)
% 0,6	Ashokkumar vd., (2020)
% 1,26	Kobenan vd., (2021)
% 2,1	Zareiyan ve Khajehsharifi (2022)

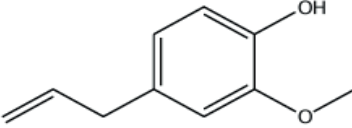
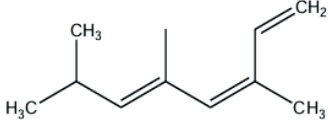
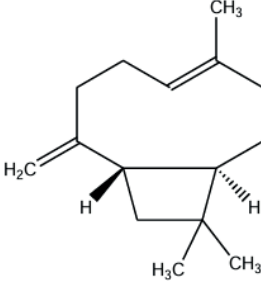
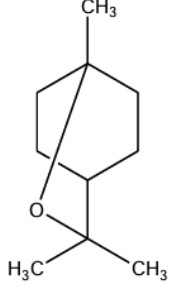
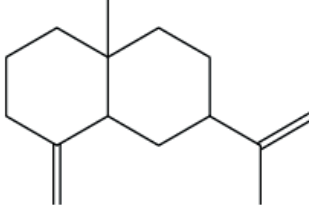
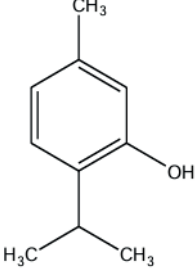
Tablo 2. *O. gratissimum* uçucu yağ ana bileşenleri

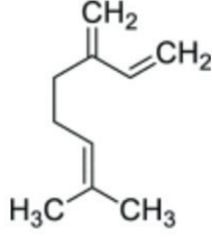
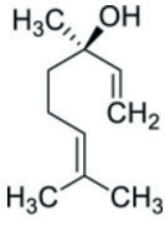
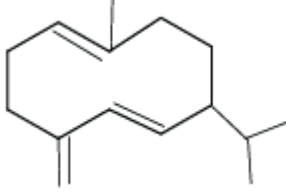
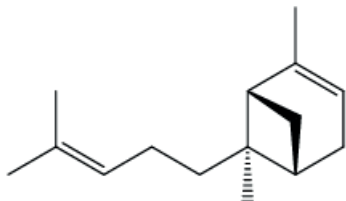
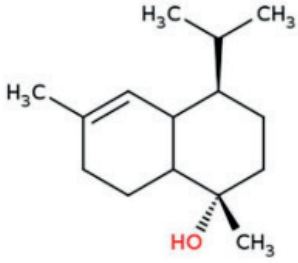
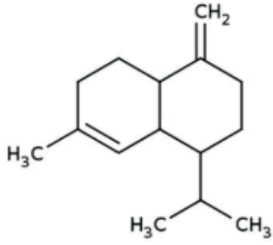
Ana Bileşenler	Referans
%43,45 timol, %12,26 p-simen, %12,11 γ -terpinen	Kpodekon vd., (2013)
%67,3-74,99 öjenol, %8,18-8,27 β -selinen, %4,95-5,09 β -ylangenol, %3,38-3,47 viridifloren, %3,07-3,12 1,8-sineol, %2-2,62 γ -himakalen	Pessoa vd. (2015)
%30,62 timol, %25,25 para-simen, %24,24 gamma-terpinolene, %7,6 α -tujen, %6,56 myrcene	Jacob Bonou vd., (2016)
%53 öjeol, %7,2 karyofilen oksit, %3,5 (Z)- β -osimen	Verma vd., (2016)
%57,1 öjenol, %15,6 α -bulnesen, %14,2 β -karyofilen	Joshi (2017)
%32,95 linalol, %21,91 1,8-sineol, %7,42 öjenol	Mohr vd., (2017)
%74,83 öjenol, %15,2 1,8-sineol, %2,8 β -selinen	Melo vd. (2019)
%54,42 öjenol, %15,43 germakren-D, %12,37 β -osimen, %4,59 karyofilen, %3,1 γ -muurolen	Ashokkumar vd., (2020)
%55,6 öjenol, %13,9 cis-osimen, %11,6 γ -muurolen, %5,6 (Z,E)- α -farnesen, %4,1 α -trans-bergamoten, %2,7 karyofilen	Chimnoi vd., (2018)
%63,25 öjenol, %10,83 sineol, %8,43 β -selinen, %6,85 trans-karyofilen	Silva vd., (2022)
%85,1 öjenol, %5, 1,8-sineol, %2,8 β -selinen	Vasconcelosa vd., (2022)
%32,2 linalol, %15,57 1,8-sineol, %14,7 geraniol, %5,5 epi- α -kadinol	Zareiyan ve Khajehsharifi (2022)
%82,84-89,42 öjenol, %3-5,72 germakren-D, %2,37-8,44 β -pinen	Alvarenga vd., (2022)

%48,29 metil sinamat, %26,08 γ -terpinen, %7,87-77,38 öjenol, %13,21 metil öjenol, %7,47 *cis*-osimen, %0,94 *trans*-osimen, %1,1 pinen, %0,95 kamfor, %4,25-31,4 germakren-D, %1,69-4,1 *trans*-karyofilen, %0,85 arnesen, %0,74 bisabolen, %7,2-8,67 osimen (Z)-b, %6,64-9 karyofilen-E, %10,9 β -elemen, %4,1-32,7 1,8 sineol, %3,8 α -humulen, %2,1 linalol, %31,79-58,2 α -amorfen timol, %4-9 β -selinen, %8,48 α -kopaen, %7,03 karyofilenoksit, %15,57 p-simen, %12,34 terpinen, %6,94 mirsen, %6,11tujen

Yusuf vd., 1998; Lahlou vd., 2004; Benitez vd., 2009; Koba vd., 2009; Brada vd., 2011; Prakash vd., 2011; Matasyoh vd., 2007; Anh vd., 2019; Bisht vd., 2019; Kumar vd., 2019; Dung vd., 2021; Mohammed vd., 2023

Tablo 3. *O. gratissimum* uçucu yağının bazı önemli bileşenlerinin yapısı (Hiltunen ve Hom, 1999; Purushothaman vd., 2018; Rustaiyan ve Razlighi, 2020; Ugbogu vd., 2021; Ashokkumar vd., 2021)

 <p>öjenol</p>	 <p>β-osimen</p>
 <p>karyofilen</p>	 <p>1,8-sineol</p>
 <p>β-selinen</p>	 <p>timol</p>

 <p style="text-align: center;">β-mirsen</p>	 <p style="text-align: center;">linalol</p>
 <p style="text-align: center;">germakren D</p>	 <p style="text-align: center;"><i>trans</i>-α-bergamoten</p>
 <p style="text-align: center;">α-kadinol</p>	 <p style="text-align: center;">γ-murolen</p>

Literatürde *O. gratissimum*, polifenoller (rosmarinik asit, salvigenin ve *trans*-ferulik asit gibi) ve flavonoidler (ksantomikrol, cirsimaritin, rutin, kaempferol 3-O-rutinosid ve vicenin-2, luteolin 5-O-glukosid, luteolin 7-O-glukosid, apigenin 7-O-glukosid, viteksin, isoviteksin, kuersetin 3-O-glukosid, sirsimaritin, isotimusin gibi) bakımından zengin olduğu bildirilmiştir (Grayer vd., 2000; Costa vd., 2012; Ouyang vd., 2013). Literatürde *O. gratissimum*' a ait fenolik bileşenler ve bazı bileşenlere ait molekül yapıları verilmiştir (Tablo 4, 5).

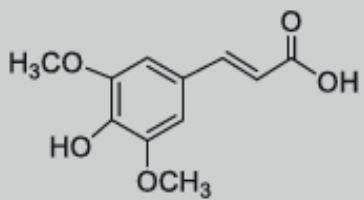
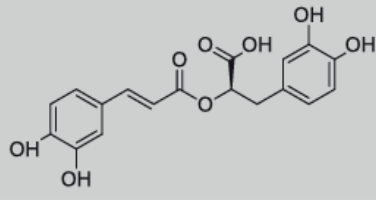
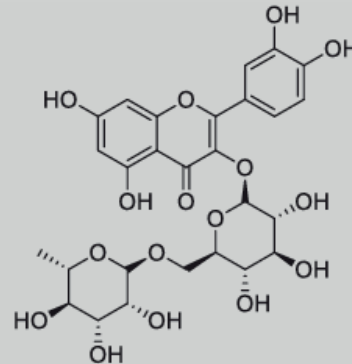
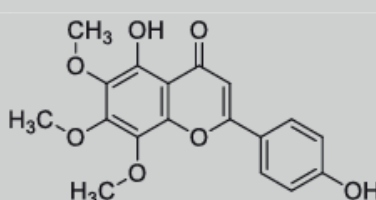
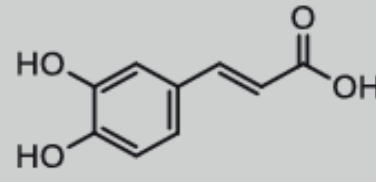
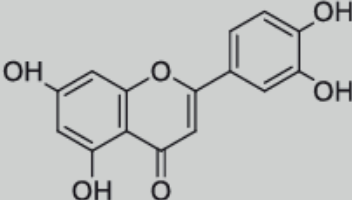
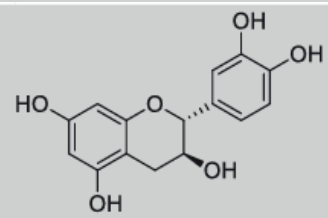
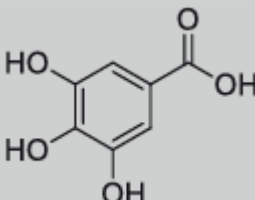
Tablo 4. *O. gratissimum* 'un fenolik ana bileşenleri (Ashokkumar vd., 2021)

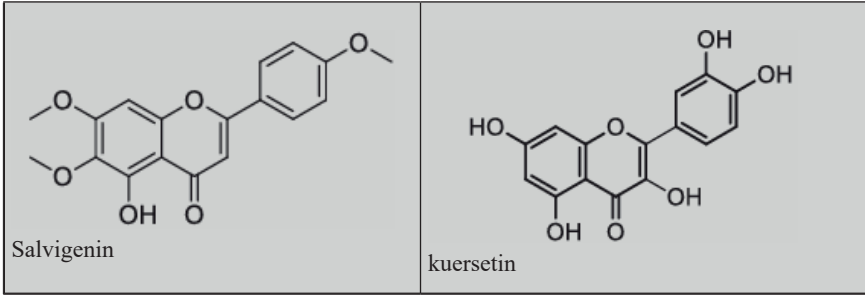
Ana Bileşenler	Referans
Rosmarinik asit, litospermik asit, vanilik asit, p-kumarik asit, hidroksibenzoik asit, şiringik asit, kafeik asit, ferulik asit, sinnamik asit, dihidroksi fenillaktik asit, sinapik asit	Hakkim vd., (2008)
L-kaftarik asit, L-kikorik asit, öjenil-β-d-glukopiranosid visenin-2	Casanova vd. (2014)
Sinapik asit, rosmarinik asit, Nepetoidin A	Chenni vd., (2016)
Kaftarik asit, kikorik asit, kafeik asit, visenin 2, rosmarinik asit	Torres vd., (2018)
Rosmarinik asit, kateşin, gallik asit, sinapik asit, öjenol	Zareiyani ve Khajehsharifi (2022)

Bitkiler sağladıkları çeşitli biyolojik işlevler sebebiyle değerli kaynaklardır. Çoğu araştırma, ilaçların bitkilerden elde edilebileceğini göstermiştir (Mohammed vd., 2020). Bu özelliklere sahip bitkilerin potansiyel biyolojik aktivitelerinin belirlenmesi yeni ilaçların geliştirilmesi için oldukça önemlidir. Literatür verilerine göre, *O. gratissimum* türünün sergilediği tespit edilen biyolojik aktiviteler Şekil 3' te gösterilmiştir.

Şekil 3. *O. gratissimum* 'un bitkisel bileşenlerinin eldesi ve bazı farmakolojik özellikleri

Tablo 5. *O. gratissimum*'un bazı fenolik bileşenlerinin yapısı (Ugboğu vd., 2021)

 <p>Sinapik asit</p>	 <p>Rosmarinik asit</p>
 <p>Rutin</p>	 <p>Ksantamikrol</p>
 <p>Kafeik asit</p>	 <p>Luteolin</p>
 <p>Kateşin</p>	 <p>Gallik asit</p>



Çiçek ve yapraklarının kendine özgü aroması sebebiyle çeşitli kozmetik ve ilaç endüstrilerinin üretiminde kullanılır (Nweze ve Elizabeth, 2009; Pessoa vd., 2015; Ugbogu vd., 2021). Afrika fesleğeninden izole edilmiş bazı uçucu yağ ve fenolik bileşenlerin farmakolojik özellikleri Tablo 6’ da verilmiştir.

Tablo 6. *O. gratissimum* ve izole edilen bazı bileşenlerin biyolojik aktiviteleri (Ashokkumar vd., 2021; Ugbogu vd., 2021)

Bileşen	Biyolojik Aktiviteleri	Referans
Sinapik asit	Antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser, anti-mutajenik, anti-glisemik, nöroprotektif, antibakteriyel	Chen (2016)
Rosmarinik asit	Antimikrobiyal, immünomodülatör, anti-diabetik, anti-alerjik, antiinflamatuvar, hepato ve renal koruyucu ajan	Alagawany vd., (2017)
Luteolin	Antihipertansiyon, antiinflamatuvar, antikanser	Lin vd., (2008)
Kuersetin	Anti-diabetik, antiinflamatuvar, antioksidan, antimikrobiyal, anti-alzheimer, antiartritik, kardiyovasküler ve yara iyileştirici etki	Salehi vd., (2020)
Rutin	Antioksidan, sitoprotektif, vazoprotektif, antikarsinojenik, nöroprotektif, kardiyoprotektif	Javed vd., (2012), Richetti vd., (2011), Ganeshpurkar ve Saluja (2017)
α - β pinen	Antiviral, inhibitör, antikoagülan, anti-tümör, antimikrobiyal, antimalaryal, antioksidan, antiinflamatuvar, antileishmania, analjezik	Zhou vd., (2004), Silva vd., (2012), Salehi vd., (2019)
1,8-sineol	Solunum yollarında mukolitik ve spazmolitik, anti-inflamatuvar, antioksidan, antinositif	Juergens (2014), Liapi vd., (2007), Santos ve Rao (2000)

Linalol	Antimikrobiyal, böcek kovucu, antiinflamatuvar, antihiperlipidemik, antidepresan, nöroprotektif, antikanser	Peana vd., (2002), Beier vd., (2014), Pereira vd., (2018)
Öjenol	Antimikrobiyal, antiinflamatuvar, analjezik, antioksidan	Fujisawa ve Murakami (2016), Mohammadi Nejad vd., (2017), Barboza vd., (2018)
	Antibakteriyal	Silva vd. (2022)
Timol	Antiseptik, antibakteriyel, antifungal, antihelmintik, antiviral, antioksidan, balgam söktürücü, antispazmodik, karminatif, terletici, yatıştırıcı, antiromatizmal, antikanser, antihiperlipidemik, antihiperglisemik	Li vd., (2017), Salehi vd., (2018), Codruta vd., (2020), Tohidi vd., (2020), Tarık vd. (2019), Schnitzler (2019)
<i>O.gratissimum</i>	Antihelmintik, antibakteriyel, antimikrobiyal, antioksidan, insektisidal	Adeniyi vd. 2010, Pessooa vd., 2002, Nakamura vd., 1999, Okigbo vd., 2005, Akinmoladun vd., 2007, Kumar vd., 2020
<i>O.gratissimum</i>	Antifungal	Kpadonou Kpoviessi vd., (2012)

4. KARANFİL FESLEĞEN (*Ocimum gratissimum* L.) BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

4.1 Antikanser Aktiviteleri

Ocimum gratissimum, son zamanlarda antioksidan özellikleri nedeniyle terapötik stratejiler üzerine yapılan kapsamlı çalışmaların odak noktası olmuş ve sulu ekstresinde antitümör aktivitesi bildirilmiştir (Lin vd., 2014).

O. gratissimum ekstreleri doza bağlı olarak apoptotik sinyallerin aktivasyonu ve Bcl-2 ekspresyon seviyelerini azaltarak insan akciğer adenokarsinomu A549 hücrelerinin canlılığını azaltır (Chen vd., 2011).

Ocheng vd. (2015), *O. gratissimum*' dan elde edilen uçucu yağın insan gingival fibroblast hücreleri üzerinde sitotoksik etki gösterdiğini bildirmiştir. Bu araştırma sonucu uçucu yağın kanserli hücrelere karşı sitotoksik olabileceğini ancak sitotoksik reaksiyon sırasında inflamasyonu ve inflamatuvar belirteçlerin ekspresyonunu düzenlediğini göstermektedir (Ezeorba vd., 2024).

Kısmen saflaştırılmış *O. gratissimum* fraksiyonlarının (Ekunwe vd., 2010) ve *O. gratissimum*' un sulu veya organik çözücüde çözünen ekstraktlarının (Ekunwe vd., 2013) başta prostat adenokarsinom (PC3) hü-

releri olmak üzere çeşitli kanser hücre hatlarının proliferasyonunu inhibe ettiğini bildirilmiştir.

İnsan meme kanseri hücrelerine (MCF7) *O. basillium* ve *O. gratissimum* uygulandığı araştırmada, *O. gratissimum*' un mTOR/Akt/AMPK sinyal yolu aktivasyonu yoluyla MCF7 insan meme kanseri hücre hattı üzerinde daha düşük sistotik ve apoptotik etkiye sahip olduğu gözlenmiştir (Torres vd., 2018)

Nassazi vd., (2020), *O. gratissimum* yapraklarının fitokimyasal kompozisyonu, antioksidan ve antiproliferatif aktivitelerini inceledikleri çalışmalarında *O. gratissimum* ekstraktlarının prostat (DU145), kolorektal (CT26) ve servikal (HeLa 229) kanser hücrelerine karşı antiproliferatif aktiviteye sahip fenolik bileşikler içerdiği gözlenmiştir.

O. gratissimum uçucu yağı, AU565 hücre hattında orta seviyede sitotoksik etkiye sahipken HeLa hücrelerinde herhangi bir inhibisyon göstermemiştir. Bunun yanı sıra ana bileşeni olan timol, AU565 hücrelerine karşı daha fazla inhibisyonla önemli bir etki sergilemiştir (Osarieme vd., 2023).

Ocimum gratissimum'un fraksiyonlanmış yaprak ekstrelerinin A549 akciğer adenokarsinom hücrelerinin proliferasyonunu engellediğini ve apoptozu indüklediğini göstermektedir (Curtis vd., 2024).

O. gratissimum ekstrelerinin karaciğer, meme, osteosarkom ve servikal hücre hatlarında da kanser karşıtı aktivitesi bildirilmiştir (Nangia vd., 2013; Lin vd., 2014; Huang vd., 2020).

Pradhan vd., (2018), *O. gratissimum* sulu ekstresinin insan meme kanseri MCF-7 hücre hattı üzerindeki antiproliferasyon etkinliğini araştırdıkları çalışmasında tedavi sonrası MCF-7 hücrelerinde artan oranda hücre ölümü gözlendiğini bildirmiştir. Ve IC₅₀ değeri 41,7 µg/ml ile önemli bir büyüme inhibitör etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Ocimum gratissimum L.' nin kimyasal bileşenleri ve sitotoksik aktivitesinin belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmada saflaştırılmış bileşiklerin sitotoksik etkileri akciğer adenokarsinomu (A549), meme kanserini (MCF-7), akut monositik lösemi (THP-1), fare makrofajları (Raw 264.7) ve normal fibroblast (A7R5) hücreleri dahil olmak üzere üç kanser hücre hattında WST-1 testi ile *in vitro* değerlendirilmiştir. Ve THP-1, bileşenlere (oleanolik asit, ursolik asit, oleanolik asit asetatı, pomolik asit, tormentik asit, ksantomikrol) en duyarlı olanı olarak belirlenmiştir (Nganteng vd., 2022).

4.2 Antifungal Aktiviteleri

O. gratissimum uçucu yağı, literatüre göre bitki patojenlerine karşı güçlü bir antifungal ajandır. Tahıl, sebze ve depolanmış tahıllarda çeşit-

li zararlıların mücadelesinde doğal bir ürün olarak kullanılabilir. Yapılan araştırmalarda bu bitkiye ait yağın sebze ve meyvelerde siyah küfe neden olan *A. niger*' i önemli ölçüde inhibe ettiği gözlemlenmiştir (Akinyemi vd., 2005).

Mohr vd., (2017) çalışmalarında *O. gratissimum* uçucu yağının (0,5, 1, 2, 4 ve 8µg/mL) konsantrasyonlarında *F. oxysporum* f. sp *lycopersici* ve *Rhizoctonia solani*' yi inhibe ettiğini tespit etmiştir.

O. gratissimum' un etanolik, sıcak ve soğuk su ekstraktları hastalıklı domateslerden izole edilen *Colletotrichum* türlerine karşı test edilmiştir. İnhibisyon zonu sıralaması sıcak su ekstresi> etanolik ekstresi> soğuk su ekstresinde belirlenmiştir (Orji vd., 2015).

Ocimum gratissimum L., *Alchornea laxiflora* Pax & K. Hoffm., *Ficus exasperata* Vahl, *Morinda lucida* Benth., *Jatropha gossypifolia* L. ve *Acalypha wilkesiana* Müll. Arg. Bitkilerine ait çeşitli ekstre ve uçucu yağların *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus* ve *Candida albicans* patojenlerine karşı etkili olduğunu belirtmiştir (Olawuwo vd., 2022).

O. gratissimum' un toprak üstü aksamalarına ait etanolik ekstrenin *Rhizoctonia* sp., *Botryosphaeria rhodina* ve iki *Alternaria* sp. suşunu (*Alternaria* sp. (A1) ve *Alternaria* sp. (A2)-domates solgunluğu fungusu) baskıladığı bildirilmiştir. Bunun başlıca nedeni ise fungitoksik özelliklere sahip fenolik bir bileşik olan öjenolün varlığıdır (Faria vd., 2006).

Afrika fesleğeninden elde edilen uçucu yağın *Candida*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* spp. ve diğer patojenik funguslara karşı etkili olduğu birçok araştırmada belirtilmiştir. *Aspergillus aculeatus*, *A. ustus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. tamarii*, *A. terreus*, *Fusarium poae*, *F. verticillioides*, *Penicillium brevicompactum*, *P. citrinum*, *P. griseofulvum* ve *Scopulariopsis brevicaulis* gibi farklı fungus türleri, Afrika fesleğeninin toprak üstü kısmından elde edilen ve ana bileşenleri timol (%28,1), para-simen (%21,2) ve terpinen (%16,5) olan uçucu yağ karşı duyarlıdır (Sessou vd., 2013).

O. gratissimum uçucu yağının fitopatojenler, *Botryosphaeria rhodina*, *Rhizoctonia* sp. ve iki *Alternaria* sp. türü dahil test edilen tüm fungusların büyümesini önlediği gözlenmiştir (Prabuseenivasan vd., 2006).

Amadi vd., (2010), *O. gratissimum* L. ekstraktlarının *Aspergillus repens*, *Curvularia lunata* ve *Fusarium moniliforme* üzerindeki antifungal aktivitelerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında su, etanol ve aseton ekstresi kullanmıştır. Sonuçlar söz konusu patojenlerdeki radyal büyümenin kültür ortamına ekstraktların eklenmesiyle bozulduğunu göstermiş ve büyüme inhibisyonu her bir ekstrenin konsantrasyonu ile artmıştır.

5. SONUÇ

Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen ekstre ve uçucu yağların kullanımını ile ilgili yapılan araştırmaların çoğunda bu bitkilerin bileşen içeriklerini ve çeşitli biyolojik etkinliklerini belirlemek amaçlanmaktadır. Böylelikle araştırmacılar insan ve bitki hastalıklarını kontrol etmek, alternatif tedavi yöntemleri geliştirmek ve kimyasal kullanımını azaltmaya yönelik yeni araştırmalara yönelmektedir. Gerek insan ve hayvan sağlığı gerek tarım ürünlerinin koruma ve tedavisinde kullanılan sentetik ve kimyasal ilaçların yan etkileri ve bunların zamanla mikrobiyal direnç oluşturması nedeniyle daha güvenli preparatlara ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde bu ihtiyaç uçucu yağ ve ekstreler gibi fitoterapötik alternatiflere yönelik araştırmaları hızlandırmıştır.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin antifungal, antibakteriyal ve antiviral gibi özelliklere sahip olmaları bitki hastalıklarının kontrolünde doğa dostu preparatlar olarak kullanılmalarını sağlamaktadır. Bitki ekstre ve uçucu yağları, çevre ve insan sağlığı açısından daha güvenli olması ve patojenlerin de bu doğal preparatlara karşı daha dayanıklı olması nedeniyle bitki hastalıklarına karşı mücadelelerde kullanılabilir. Bununla birlikte bilinmektedirki dünya genelinde ölümlerin nedenlerinden biride kanserdir.

Kanser tedavisinde bazı ölkelerde *O. gratissimum* 'un geleneksel olarak kullanımı söz konusudur. Literatürde prostat, göğüs, akciğer, kolorektal gibi kanser türleri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Uçucu yağ ve ekstrelerin farklı kanser hücre hatlarına antikanser aktivitesini değerlendirilebilir. *O. gratissimum* ' a ait farklı bitki kısımlarının (kök, çiçek, sap, tohum) kimyasal bileşimi ve antiproliferatif aktivitesi ile ilgili ileri çalışmalar ile etkinlikleri değerlendirilebilir.

Literatürde *O. gratissimum* (Afrika fesleğeni) ile ilgili çok sayıda araştırma mevcuttur. Yapılan çalışmalar sonucunda bitkinin içerdiği kimyasal bileşenlerin farklı farmakolojik aktiviteler içerdiği görölmektedir. Ancak fitokimya, antimikrobiyal ve antikanser aktivite üzerine etkinlikleri, uçucu yağlarının toksisitesi ve ekstrelerinin etkinlikleri hakkında detaylı ve karřılařtırılmalđ araştırmalar yapılmasına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

KAYNAKÇA

- Acıbuca, V. & Budak, D. B. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(1), 37-44.
- Aguiyi, J. C., Obi, C. I., Gang, S. S., & Igweh, A. C. (2000). Hypoglycaemic activity of *Ocimum gratissimum* in rats. *Fitoterapia*, 71(4), 444-446.
- Ajayi, A. M., Ben-Azu, B., Onasanwo, S. A., Adeoluwa, O., Eduviere, A., & Ademowo, O. G. (2019). Flavonoid-rich fraction of *Ocimum gratissimum* attenuates lipopolysaccharide-induced sickness behavior, inflammatory and oxidative stress in mice. *Drug research*, 69(03), 151-158.
- Akara, E. U., Emmanuel, O., Ude, V. C., Uche-Ikonne, C., Eke, G., & Ugbogu, E. A. (2021). *Ocimum gratissimum* leaf extract ameliorates phenylhydrazine-induced anaemia and toxicity in Wistar rats. *Drug metabolism and personalized therapy*, 36(4), 311-320.
- Akinyemi, K. O., Oladapo, O., Okwara, C. E., Ibe, C. C., & Fasura, K. A. (2005). Screening of crude extracts of six medicinal plants used in South-West Nigerian unorthodox medicine for anti-methicillin resistant *Staphylococcus aureus* activity. *BMC complementary and alternative medicine*, 5, 1-7.
- Akpogheli, P. O., Edo, G. I., & Akhayere, E. (2022). Proximate and nutritional composition of beer produced from malted sorghum blended with yellow cassava. *Biocatal Agric Biotechnol* 45: 102535.
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Farag, M. R., Gopi, M., Karthik, K., Malik, Y. S., & Dhama, K. (2017). Rosmarinic acid: modes of action, medicinal values and health benefits. *Animal Health Research Reviews*, 18(2), 167-176.
- Al-Rimawi, F., Jaradat, N., Qneibi, M., Hawash, M., & Emwas, N. (2020). Free radicals and enzymes inhibitory potentials of the traditional medicinal plant *Echium angustifolium*. *European journal of integrative medicine*, 38, 101196.
- Alvarenga, J. P., Silva, R. R., Salgado, O. G., Júnior, P. C. S., Pavan, J. P. S., Ávila, R. G., ... & Alvarenga, A. A. (2022). Variations in essential oil production and antioxidant system of *Ocimum gratissimum* after elicitation. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 26, 100354.
- Amadi, J. E., Salami, S. O., & Eze, C. S. (2010). Antifungal properties and phytochemical screening of extracts of African basil (*Ocimum gratissimum* L.).
- Ashokkumar, K., Pandian, A., Murugan, M., Dhanya, M. K., & Vellaikumar, S. (2021). Phytochemistry and pharmacological properties of *Ocimum gratissimum* (L.) extracts and essential oil-A critical review. *Journal of Current Opinion in Crop Science*, 2(1), 138-148.

- Ashokkumar, K., Vellaikumar, S., Murugan, M., Dhanya, M. K., Aiswarya, S., & Nimisha, M. (2020). Chemical composition of *Ocimum gratissimum* essential oil from the South Western Ghats, India. *Journal of Current Opinion in Crop Science*, 1(1), 27-30.
- Barboza, J. N., da Silva Maia Bezerra Filho, C., Silva, R. O., Medeiros, J. V. R., & de Sousa, D. P. (2018). An overview on the anti-inflammatory potential and antioxidant profile of eugenol. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018(1), 3957262.
- Beier, R. C., Byrd II, J. A., Kubena, L. F., Hume, M. E., McReynolds, J. L., Anderson, R. C., & Nisbet, D. J. (2014). Evaluation of linalool, a natural antimicrobial and insecticidal essential oil from basil: Effects on poultry. *Poultry science*, 93(2), 267-272.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- Casanova, L. M., Da Silva, D., Sola-Penna, M., de Magalhaes Camargo, L. M., de Moura Celestrini, D., Tinoco, L. W., & Costa, S. S. (2014). Identification of chicoric acid as a hypoglycemic agent from *Ocimum gratissimum* leaf extract in a biomonitoring in vivo study. *Fitoterapia*, 93, 132-141.
- Chen, C. (2016). Sinapic acid and its derivatives as medicine in oxidative stress-induced diseases and aging. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016(1), 3571614.
- Chen, H. M., Lee, M. J., Kuo, C. Y., Tsai, P. L., Liu, J. Y., & Kao, S. H. (2011). *Ocimum gratissimum* aqueous extract induces apoptotic signalling in lung adenocarcinoma cell A549. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011(1), 739093.
- Chenni, M., El Abed, D., Rakotomanomana, N., Fernandez, X., & Chemat, F. (2016). Comparative study of essential oils extracted from Egyptian basil leaves (*Ocimum basilicum* L.) using hydro-distillation and solvent-free microwave extraction. *Molecules*, 21(1), 113.
- Chimnoi, N., Reuk-Ngam, N., Chuysinuan, P., Khlaychan, P., Khunnawutmanot-ham, N., Chokchaichamnankit, D., ... & Techasakul, S. (2018). Characterization of essential oil from *Ocimum gratissimum* leaves: Antibacterial and mode of action against selected gastroenteritis pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 118, 290-300.
- Curtis, R. M., Wang, H. S., Luo, X., Dugo, E. B., Stevens, J. J., & Tchounwou, P. B. (2024). Fractionated Leaf Extracts of *Ocimum gratissimum* Inhibit the Proliferation and Induce Apoptosis of A549 Lung Adenocarcinoma Cells. *Nutrients*, 16(16), 2737.
- Dharsono, HDA, Putri, SA., Kurnia, D., Dudi, D., Satari, M.H (2022). *Ocimum* Species: A Review on Chemical Constituents and Antibacterial Activity. *Molecules* 27: 6350.

- Ekunwe, S. I., Hall, S. M., Luo, X., Wang, H., & Begonia, G. B. (2013). Fractionated *Ocimum gratissimum* leaf extract inhibit prostate cancer (PC3· AR) cells growth by reducing androgen receptor and survivin levels. *Journal of health care for the poor and underserved*, 24(4), 61-69.
- Ekunwe, S. I., Thomas, M. S., Luo, X., Wang, H., Chen, Y., Zhang, X., & Begonia, G. B. (2010). Potential Cancer-Fighting *Ocimum Gratissimum* (Og) Leaf Extracts. *Ethnicity & disease*, 20, 12-16.
- Ezeorba, T. P. C., Chukwuma, I. F., Asomadu, R. O., Ezeorba, W. F. C., & Uchendu, N. O. (2024). Health and therapeutic potentials of *Ocimum* essential oils: a review on isolation, phytochemistry, biological activities, and future directions. *Journal of Essential Oil Research*, 36(3), 271-290.
- Faria, T. D. J., Ferreira, R. S., Yassumoto, L., Souza, J. R. P. D., Ishikawa, N. K., & Barbosa, A. D. M. (2006). Antifungal activity of essential oil isolated from *Ocimum gratissimum* L.(eugenol chemotype) against phytopathogenic fungi. *Brazilian archives of biology and technology*, 49, 867-871.
- Fernandes, V. F., de Almeida, L. B., Feijó, E. V. D. S., Silva, D. D. C., de Oliveira, R. A., Mielke, M. S., & Costa, L. C. D. B. (2013). Light intensity on growth, leaf micromorphology and essential oil production of *Ocimum gratissimum*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(3), 419-424.
- Fujisawa, S., & Murakami, Y. (2016). Eugenol and its role in chronic diseases. *Drug Discovery from Mother Nature*, 45-66.
- Ganeshpurkar, A., & Saluja, A. K. (2017). The pharmacological potential of rutin. *Saudi pharmaceutical journal*, 25(2), 149-164.
- Gilles, L., & Antoniotti, S. (2023). Chemical and Olfactory Analysis of the Volatile Fraction of *Ocimum gratissimum* Concrete from Madagascar. *Chemistry & Biodiversity*, 20(7), e202300252.
- Hakkim, F. L., Arivazhagan, G., & Boopathy, R. (2008). Antioxidant property of selected *Ocimum* species and their secondary metabolite content. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(9), 250-257.
- Huang, C. C., Hwang, J. M., Tsai, J. H., Chen, J. H., Lin, H., Lin, G. J., ... & Ye, J. C. (2020). Aqueous *Ocimum gratissimum* extract induces cell apoptosis in human hepatocellular carcinoma cells. *International journal of medical sciences*, 17(3), 338.
- Hussain, A. I., Chatha, S. A. S., Kamal, G. M., Ali, M. A., Hanif, M. A., & Lazhari, M. I. (2017). Chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Ocimum sanctum*. *International Journal of food properties*, 20(7), 1569-1581.
- Javed, H., Khan, M. M., Ahmad, A., Vaibhav, K., Ahmad, M. E., Khan, A., ... & Safhi, M. M. (2012). Rutin prevents cognitive impairments by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in rat model of sporadic dementia of Alzheimer type. *Neuroscience*, 210, 340-352.

- Joshi, R. K. (2017). GC—MS analysis of the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. growing desolately in South India. *Acta Chromatographica*, 29(1), 111-119.
- Juergens, U. R. (2014). Anti-inflammatory properties of the monoterpene 1,8-cineole: current evidence for co-medication in inflammatory airway diseases. *Drug research*, 64(12), 638-646.
- Kakurde, S. B., Reshi, N. A., & Patil, C. V. (2024). A Review on Ethnobotanical, Phytochemical and Pharmacological Studies on Some Species of *Ocimum*. *Zoology (Animal Science)*, 43(1s), 697-710.
- Kobenan, K. C., Bini, K. K. N., Kouakou, M., Kouadio, I. S., Zengin, G., Ochou, G. E. C., ... & Dick, A. E. (2021). Chemical composition and spectrum of insecticidal activity of the essential oils of *Ocimum gratissimum* L. and *Cymbopogon citratus* stapf on the main insects of the cotton entomofauna in Côte d'Ivoire. *Chemistry & Biodiversity*, 18(11), e2100497.
- Kumar, A., & Lal, R. K. (2022). The consequence of genotype× environment interaction on high essential oil yield and its composition in clove basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Acta Ecologica Sinica*, 42(6), 633-640.
- Kumar, B., Bajpai, V., Tiwari, S., & Pandey, R. (2020). *Phytochemistry of plants of genus Ocimum*. CRC Press.
- Kumari, M., Prasad, A., Mathur, A., Mathur, A. K., Ur-Rahman, L., Singh, M., & Lal, R. K. (2023). Precursors and elicitor induced enhancement of cell biomass and phenolic compounds in cell suspensions of Indian basil-*Ocimum basilicum* (CIM-Saumya). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 29(5), 679-693.
- Lal, R. K., Chanotiya, C. S., & Gupta, P. (2021a). Basil Essential Oil and Medicinal Herb Revolution in India. *FloraFauna Science Foundation (FFSF)*, 8(23), 1-6.
- Lal, R. K., Gupta, P., Chanotiya, C. S., Mishra, A., & Kumar, A. (2023). The nature and extent of heterosis, combining ability under the influence of character associations, and path analysis in Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops and Products*, 195, 116421.
- Lal, R. K., Gupta, P., Mishra, A., & Chanotiya, C. S. (2021b). Breeding for Qualitative and Quantitative Traits and Varietal Development in Genus *Ocimum* at CSIR-CIMAP, India: The Past and Recent Accomplishment” Editor: Dr. Sougata Sarkar Rubicon Publications. Robert Boyle Manager Rubicon Publications www.rubiconpublications.com address: 4/4A, Bloomsbury Square, London, WC1A 2RP, England. *Studies in Medicinal & Aromatic Crops (ISBN No. 978-1-913482-36-7)*. Theme, 2, 81-118.
- Liapi, C., Anifantis, G., Chinou, I., Kourounakis, A. P., Theodosopoulos, S., & Galanopoulou, P. (2007). Antinociceptive properties of 1, 8-cineole and β -pinene, from the essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* leaves, in rodents. *Planta medica*, 73(12), 1247-1254.

- Lin, C. C., Chao, P. Y., Shen, C. Y., Shu, J. J., Yen, S. K., Huang, C. Y., & Liu, J. Y. (2014). Novel target genes responsive to apoptotic activity by *Ocimum gratissimum* in human osteosarcoma cells. *The American journal of Chinese medicine*, 42(03), 743-767.
- Lin, Y., Shi, R., Wang, X., & Shen, H. M. (2008). Luteolin, a flavonoid with potential for cancer prevention and therapy. *Current cancer drug targets*, 8(7), 634-646.
- Melo, R. S., Albuquerque Azevedo, Á. M., Gomes Pereira, A. M., Rocha, R. R., Bastos Cavalcante, R. M., Carneiro Matos, M. N., ... & Carneiro, V. A. (2019). Chemical composition and antimicrobial effectiveness of *Ocimum gratissimum* L. essential oil against multidrug-resistant isolates of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Molecules*, 24(21), 3864.
- Mith, H., Yayi-Ladékan, E., Sika Kpoviessi, S. D., Yaou Bokossa, I., Moudac-hirou, M., Daube, G., & Clinquart, A. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ocimum basilicum*, *Ocimum canum* and *Ocimum gratissimum* in function of harvesting time. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(6), 1413-1425.
- Mohammed, F. S., Uysal, İ., Sevindik, E., & Sevindik, M. S. (2023). Genus *ocimum* in terms of mineral, nutrient, chemical contents and biological activity. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 13(3), e9781-e9781.
- Mohr, F. B. M., Lermen, C., Gazim, Z. C., Gonçalves, J. E., & Alberton, O. (2017). Antifungal activity, yield, and composition of *Ocimum gratissimum* essential oil. *Genet. Mol. Res*, 16(1), 1-10.
- Nakamura, C. V., Ueda-Nakamura, T., Bando, E., Melo, A. F. N., Cortez, D. A. G., & Dias Filho, B. P. (1999). Antibacterial activity of *Ocimum gratissimum* L. essential oil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94, 675-678.
- Nangia-Makker, P., Raz, T., Tait, L., Shekhar, M. P., Li, H., Balan, V., ... & Raz, A. (2013). *Ocimum gratissimum* retards breast cancer growth and progression and is a natural inhibitor of matrix metalloproteases. *Cancer biology & therapy*, 14(5), 417-427.
- Nassazi, W., K'Owino, I. O., Makatiani, J., & Wachira, S. (2020). Phytochemical composition, antioxidant and antiproliferative activities of African Basil (*Ocimum gratissimum* L.) Leaves.
- Nejad, S. M., Özgüneş, H., & Başaran, N. (2017). Pharmacological and toxicological properties of eugenol. *Turkish journal of pharmaceutical sciences*, 14(2), 201.
- Nganteng, D. N. D., Melong, R., Mbiokop, E. P., Maffo, T., Allémann, É., Delie, F., ... & Dzoyem, J. P. (2022). Chemical constituents and cytotoxic activity of *Ocimum gratissimum* L. *South African Journal of Botany*, 150, 330-333.
- Nweze, E. I., & Eze, E. E. (2009). Justification for the use of *Ocimum gratissimum* L in herbal medicine and its interaction with disc antibiotics. *BMC comple-*

mentary and alternative medicine, 9, 1-6.

- Ocheng, F., Bwanga, F., Joloba, M., Softrata, A., Azeem, M., Pütsep, K., ... & Gustafsson, A. (2015). Essential oils from ugandan aromatic medicinal plants: chemical composition and growth inhibitory effects on oral pathogens. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015(1), 230832.
- Ojewumi, M. E., Obanla, O. R., & Ataubu, D. M. (2021). A review on the efficacy of *Ocimum gratissimum*, *Mentha spicata*, and *Moringa oleifera* leaf extracts in repelling mosquito. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 10, 1-12.
- Okafor-Elenwo, E. J., Izevbuwa, O. E., & Otote, O. P. (2021). *The Beauty of Ocimum Gratissimum Plant: Methods of Preparation As Food and Medicine and Anti-parasitic Potentials*. Exceller Books.
- Olawuwo, O. S., Famuyide, I. M. & McGaw, L. J. (2022). Antibacterial and Antibiofilm Activity of Selected Medicinal Plant Leaf Extracts Against Pathogens Implicated in Poultry Diseases. *Frontiers in veterinary science*, 9: 820304.
- Orji, J. O., Nwuzo, A. C., Ejikeugwu, P. C., Ugbo, E. N., Moses, I. B., Nwakaeze, E. A., & Nwankwo, C. P. (2015). Antifungal activities of *Ocimum gratissimum* and *Gongronema latifolium* leaves on *Colletotrichum* species isolated from spoiled tomatoes. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, 4(5), 42-45.
- Osarieme Imade, R., Adesina Ayinde, B., & Alam, A. (2023). GC-MS Analysis and In Vitro Cytotoxic Effects of *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae) Volatile Oil and Thymol on Cancer Cells. *Pharmaceutical and Biomedical Research*, 9(2), 115-124.
- Pandey, S (2017). Antibacterial and antifungal activities of *Ocimum gratissimum* L. *Proteus*, 25(47), 56.
- Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P., & Moretti, M. D. L. (2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*, 9(8), 721-726.
- Pereira, C. A. M., & Maia, J. F. (2007). Estudo da atividade antioxidante do extrato e do óleo essencial obtidos das folhas de alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.). *Food Science and Technology*, 27, 624-632.
- Pereira, I., Severino, P., Santos, A. C., Silva, A. M., & Souto, E. B. (2018). Linalool bioactive properties and potential applicability in drug delivery systems. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 171, 566-578.
- Pessoa, S. M., Heredia Zárata, N. A., Vieira, M. C., Cardoso, C. A. L., Poppi, N. R., Formagio, A. S. N., & Silva, L. R. (2015). Total biomass and essential oil composition of *Ocimum gratissimum* L. in response to broiler litter and phosphorus. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17, 18-25.
- Philippe, S., Souaïbou, F., Guy, A., Sébastien, D. T., Boniface, Y., Paulin, A., ... &

- Dominique, S. (2012). Chemical Composition and Antifungal activity of Essential oil of Fresh leaves of *Ocimum gratissimum* from Benin against six Mycotoxigenic Fungi isolated from traditional cheese wagashi. *International Research Journal of Biological Sciences*, 1(4), 22-27.
- POWO, 2023. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:452969-1#distributions> Erişim tarihi: 09.12.2024
- Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., & Ignacimuthu, S. (2006). In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *BMC complementary and alternative medicine*, 6, 1-8.
- Prakash, B., Shukla, R., Singh, P., Mishra, P. K., Dubey, N. K., & Kharwar, R. N. (2011). Efficacy of chemically characterized *Ocimum gratissimum* L. essential oil as an antioxidant and a safe plant based antimicrobial against fungal and aflatoxin B1 contamination of spices. *Food Research International*, 44(1), 385-390.
- Rai, A. K., Khan, S., Kumar, A., Dubey, B. K., Lal, R. K., Tiwari, A., ... & Ch, R. (2023). Comprehensive metabolomic fingerprinting combined with chemometrics identifies species-and variety-specific variation of medicinal herbs: an *Ocimum* study. *Metabolites*, 13(1), 122.
- Richetti, S. K., Blank, M., Capiotti, K. M., Piato, A. L., Bogo, M. R., Vianna, M. R., & Bonan, C. D. (2011). Quercetin and rutin prevent scopolamine-induced memory impairment in zebrafish. *Behavioural Brain Research*, 217(1), 10-15.
- Robison, M. M., & Zhang, X. (2011). *The world medicine situation 2011, Traditional medicines: Global situation, issues and challenges (World Health Organization)*.
- Rubab, S., Hussain, I., Khan, B. A., Unar, A. A., Abbas, K. A., Khichi, Z. H., ... & Khan, H. (2017). Biomedical Description of *Ocimum basilicum* L. *Journal of Islamic International Medical College (JIIMC)*, 12(1), 59-67.
- Sahouo, G. B., Tonzibo, Z. F., Boti, B., Chopard, C., Mahy, J. P., & N'guessan, Y. T. (2003). Anti-inflammatory and analgesic activities: Chemical constituents of essential oils of *Ocimum gratissimum*, *Eucalyptus citriodora* and *Cymbopogon giganteus* inhibited lipoyxygenase L-1 and cyclooxygenase of PGHS. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 17(2).
- Salehi, B., Machin, L., Monzote, L., Sharifi-Rad, J., Ezzat, S. M., Salem, M. A., ... & Cho, W. C. (2020). Therapeutic potential of quercetin: new insights and perspectives for human health. *ACS omega*, 5(20), 11849-11872.
- Salehi, B., Upadhyay, S., Erdogan Orhan, I., Kumar Jugran, A., LD Jayaweera, S., A. Dias, D., ... & Sharifi-Rad, J. (2019). Therapeutic potential of α - and β -pinene: A miracle gift of nature. *Biomolecules*, 9(11), 738.
- Santos, F. A., & Rao, V. S. N. (2000). Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1, 8-cineole a terpenoid oxide present in many plant essential oils. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological*

and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 14(4), 240-244.

- Saran, P. L., Damor, H. I., Lal, M., Sarkar, R., Kalariya, K. A., & Suthar, M. K. (2023). Identification of suitable chemotype of *Ocimum gratissimum* L. for cost effective eugenol production. *Industrial Crops and Products*, 191, 115890.
- Shah, S., Rastogi, S., Vashisth, D., Rout, P. K., Lal, R. K., Lavania, U. C., & Shasany, A. K. (2022). Altered developmental and metabolic gene expression in basil interspecific hybrids. *Plants*, 11(14), 1873.
- Silva Rivas, A. C., Lopes, P. M., de Azevedo Barros, M. M., Costa Machado, D. C., Alviano, C. S., & Alviano, D. S. (2012). Biological activities of α -pinene and β -pinene enantiomers. *Molecules*, 17(6), 6305-6316.
- Silva, J. C., Pereira, R. L. S., de Freitas, T. S., Rocha, J. E., Macedo, N. S., Nonato, C. D. F. A., ... & Santos, G. J. G. (2022). Evaluation of antibacterial and toxicological activities of essential oil of *Ocimum gratissimum* L. and its major constituent eugenol. *Food Bioscience*, 50, 102128.
- Srivastava, S., Lal, R. K., Maurya, R., Mishra, A., Yadav, A. K., Pandey, G., ... & Chanotiya, C. S. (2021). Chemical diversity of essential oil among basil genotypes (*Ocimum viride* Willd.) across the years. *Industrial Crops and Products*, 173, 114153.
- Tanko, Y., Magaji, G. M., Yerima, M., Magaji, R. A., & Mohammed, A. (2008). Anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of aqueous leaves extract of *Ocimum Gratissimum* (Labiata) in Rodents. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 5(2), 141-146.
- Torres, R. G., Casanova, L., Carvalho, J., Marcondes, M. C., Costa, S. S., Sola-Penna, M., & Zancan, P. (2018). *Ocimum basilicum* but not *Ocimum gratissimum* present cytotoxic effects on human breast cancer cell line MCF-7, inducing apoptosis and triggering mTOR/Akt/p70S6K pathway. *Journal of bioenergetics and biomembranes*, 50, 93-105.
- Tran, T. H., Nguyen, H. H. H., Nguyen, D. C., Nguyen, T. Q., Tan, H., Nhan, L. T. H., ... & Nguyen, T. D. (2018). Optimization of microwave-assisted extraction of essential oil from vietnamese basil (*Ocimum basilicum* L.) using response surface methodology. *Processes*, 6(11), 206.
- Tsurunaga, Y., Kanou, M., Ikeura, H., Makino, M., Oowatari, Y., & Tsuchiya, I. (2022). Effect of different tea manufacturing methods on the antioxidant activity, functional components, and aroma compounds of *Ocimum gratissimum*. *LWT*, 169, 114058.
- Ugbogu, O. C., Emmanuel, O., Agi, G. O., Ibe, C., Ekweogu, C. N., Ude, V. C., ... & Ugbogu, E. A. (2021). A review on the traditional uses, phytochemistry, and pharmacological activities of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Heliyon*, 7(11).
- Varlı, M., Hancı, H., & Kalafat, G. (2020). Tibbi ve aromatik bitkilerin üretim

potansiyeli ve biyoyararlılığı. *Research Journal of Biomedical and Biotechnology*, 1(1), 24-32.

- Vasconcelos, E. M., Costa, F. C., Azevedo, V. A. N., Paulino, L. R. F. M., Soares, M. D., Souza, A. L. P., ... Silva, J. R. V. (2022). Chemical composition and effects of *Ocimum gratissimum* essential oil (OGEO) on the expression of mRNA for antioxidant enzymes during *in vitro* culture of bovine ovarian secondary follicles. *Journal of Essential Oil Research*, 34(5), 446-454.
- Verma, R. S., Kumar, A., Mishra, P., Kuppasamy, B., Padalia, R. C., & Sundaresan, V. (2016) Essential oil composition of four *Ocimum* spp. from the Peninsular India. *Journal of Essential Oil Research*, 28, 35-41.
- Yaman, C., Sari, Y., Atmaca, S., Eroglu, Z., Kayir, O., Belguzar, S. & Erenler, R. (2021). Chemical composition and biological effects of essential oils from some aromatic and medicinal plants. *Natural Products Journal*, 11(5): 699-706.
- Zareyan, F., & Khajehsharifi, H. (2022). In-vitro phytochemical analysis of essential oil and methanolic and hydromethanolic extracts of *Ocimum gratissimum*. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 31(4), 894-906.
- Zhou, J. Y., Tang, F. D., Mao, G. G., & Bian, R. L. (2004). Effect of alpha-pinene on nuclear translocation of NF-kappa B in THP-1 cells. *Acta Pharmacologica Sinica*, 25(4), 480-484.

”

BÖLÜM 4

MİKROBİYAL BİYOTEKNOLOJİ VE YAPAY ZEKANIN KESİŞİMİ

*Neslihan DİKBAŞ¹ Sevda UÇAR²
Şeyma ALIM³*

1 Prof. Dr. , Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Erzurum. neslidikbas@atauni.edu.tr. ORCID: 0000-0001-9096-2761

2 Arş. Gör., Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas. sucar@sivas.edu.tr. ORCID: 0000-0002-3612-457X

3 Doktora Öğrencisi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Erzurum. symalm2596@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6684-7974

Giriş

Yapay zekanın (YZ) çekiciliği aslında tamda ne yaptığının anlaşılmasından ya da neler yapabileceğinin kestirilememesinde gizli... Ayrıca kesin tanımının yapılmamış olması da olabilir. İdeal bir YZ sistemi gelişmiş organizmaların zekalarını simüle edebilen kendinin farkında, deneyimlerden öğrenebilen, dış ortamları algılayıp tepki verebilen herhangi bir makinenin yeteneğini ifade eder (Bhardwaj et al., 2022). Yapay zeka artık dördüncü sanayi devriminin önemli bir icadı olarak kabul edilmektedir (Schwab, 2017). Dünya, bilgi teknolojisi alanında büyük bir devrime tanık olmuş ve bu durum sadece teknoloji alanında değil, son yıllarda diğer alanlarda da çok fazla oranda verinin üretilmesine ve depolanmasına yol açmıştır. Hem bilgi teknolojisi hem de biyoloji son yarım yüzyılda oldukça fazla gelişmelere sahne olmuştur (Han and Liu, 2019).

Yapay zeka (YZ), çeşitli araştırma alanlarında ve endüstrilerde karmaşık işlevleri çözümlmek, büyük veri kümelerini analiz etmek ve bunları algoritmalara göre yorumlamak, karar vermek ve işlemek gibi görevler için bilgisayarları yaygın olarak kullanır. Böylece daha az insan hatası ile verimli analizler yaparak daha hızlı sonuçlar sağlar.

YZ'da kullanılan teknikler çok sayıda varyasyon içerir. Örneğin kural tabanlı sistemler; sembolik gösterimlere dayanır ve çıkarımlar üzerinde çalışır. Yapay zeka sistemleri, diğer nöronlar ve bağlantı ağırlıklarıyla ara yüzde çalışmak üzere tasarlanmış sisteme sahiptir (Bakr et al., 2012). YZ, bilgi gösterimi özelliği; tasarlanmış sistemlerde öğrenme; veri toplayabilme, örtülü veya açık olabilen kurallara sahip olma ve sisteme çeşitli şekillerde dahil edilebilen arama yetenekleri ile oldukça önemlidir (Sah, 2020).

Yapay zeka, yenilikçi ve son teknolojidaki prosedürler aracılığıyla değerini biyolojik alana girerek kanıtlamıştır (Han et al., 2019). Gelişimin nedenlerinden birkaçı büyük miktarda ham, yapılandırılmamış veriyi etkili bir şekilde depolama ve işleme; bunları bilgi işlem sistemi içinde gerekli olan hızlı bir şekilde çıkarılmaya hazır hale getirebilme kapasitelerinden dolayıdır. Veri üretimi, depolama ve analizindeki bu tür gelişmeler; biyolojik bilimler de dahil olmak üzere bilim dünyasında ve çeşitli sektörlerde farklı ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine imkan tanımış ve bu nedenlerden dolayı biyolojik bilimler ve biyoteknoloji endüstrileri son yıllarda kayda değer ilerlemeler göstermiştir (Kulkov, 2023). Veri ve metodolojideki gelişmeler sayesinde, yürütülmesi yıllar alacak deneyler daha kısa sürelerde daha uygun maliyetle gerçekleştirilebilir hale gelmiş ve bu deneysel analizlerin sonucunda çeşitli formatlarda ham veriler üretilmiştir (Bhardwaj et al., 2022). Yapay zekanın yardımıyla verileri depolama ve analiz etme yeteneği, bilimsel araştırmacılar, akademik topluluk ve biyoteknoloji endüstrisi için yeni olanaklar yaratmıştır.

Biyolojik bilimde yapay zeka yalnızca laboratuvarlarda değil, aynı zamanda bir ilaç veya kimyasal ürünün yaşam döngüsü boyunca inovasyonu teşvik etmede kritik bir rol oynar (Kulkov, 2023). YZ ki hızlı gelişmeler, mikrobiyoloji için yeni ufuklar açarak araştırmacıların karmaşık sorunlarını hızlı ve hassas bir şekilde ele almalarını sağlamıştır. Ayrıca mikrobiyal türleri tanımlamaktan belirli uygulamalar için sentetik mikroplar üretmeye kadar, mikrobiyologlar ve mikrobiyal biyoteknoloji için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

YZ tabanlı programlar ve bilgisayar modelleri, sürdürülebilir yaşam biçimimiz için tıbbi araştırma, tarım ve biyo-tabanlı endüstriler de dahil olmak üzere minimum maliyetle maksimum istenen ürünü elde etmek için uygun koşulları optimize etmede önemli bir potansiyele sahiptir (Bhardwaj et al., 2022).

Tarım, sağlık, biyoenerji ve çevre yönetimindeki uygulamalar için de kayda değer birçok gelişmeler hızla devam etmektedir. Akıllı tarıma yönelik artan gereklilikler, yapay zeka tabanlı tarımsal tahmin, öngörü alanında önemli ilerlemelere yol açmış ve bu da ürün verimliliğini büyük ölçüde artırmıştır (Linaza et al., 2021). Benzer bir girişim, ürün veriminin optimize edilmiş bir şekilde tahmini için yapay zeka algoritmaları ve genetik algoritma tabanlı platformlar kullanılmış ve model çalışma da %98,19'luk maksimum doğrulama elde etmiştir (Sharma et al., 2022). YZ tabanlı uygulamalar, karmaşık üretim prosedürlerinin otomatikleştirilmesine yardımcı olarak, endüstride kullanılan kimyasallara, ilaçlara, gıda ve biyolojik bazlı hammaddelere yönelik hızla talebi karşılamaktadır. Laboratuvardaki analizlerin geleneksel manuel yöntemlerle yapılmadan en iyi kombinasyonu belirlemek için mevcut veri kümelerinin büyük çaplı permütasyonlarını ve kombinasyonlarını uygulayarak sonuçların tahmin edilmesine yardımcı olarak zamandan ve işgücünden tasarrufu sağlar (Dara et al., 2022). Geleneksel model odaklı yöntemler; biyolojik verileri analiz etmek için yararlı olsa da, bilgileri ortaya çıkarmak, karmaşık veri bağlantılarını anlamak, veri davranışını tahmin etmek ve büyük miktarda mevcut veriyi hızlı değerlendirme yeteneğinden yoksundurlar. YZ'nın akademisyenler ve bilim insanları tarafından büyük çaptaki verileri kapsamlı bir şekilde analiz etmede kullanılabilir hale gelmesi onu biyoteknoloji ve biyoenformatikte önemli bir yöntem haline getirmiştir (Chakraborty et al., 2017). Verilerin farklı biyolojik kaynaklardan çoklu omikler (genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomik) açısından niceliksel olarak belirlenerek, biyolojik sistemleri anlamak için uygun şekilde açıklanması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu açıdan YZ bu özelliklerle bağlantılı genetik belirteçleri ortaya çıkarmak için genomik verileri verimli bir şekilde analiz edebilir (Pei and Zhavoronkov, 2021).

Biyolojinin önemli bir kolu olan biyoteknolojiye yapay zeka yaklaşımlarının dahil edilmesi yaygın olarak gözlemlenmekte ve bu teknolojinin gelişmesiyle bu bilim dallarına yardımının artması beklenmektedir (Xu et al., 2021). Biyoteknoloji, genom dizilerinden biyoproses performans ölçümlerine kadar çok miktarda karmaşık veri ürettiğinden, YZ bu sistemleri hassasiyetle analiz etmek, modellemek ve optimize etmek için mükemmel araçlar sunmaktadır.

Tarımsal Biyoteknolojide Yapay Zeka

Gıdaya yönelik küresel talebin artmasıyla birlikte tarım sektörü, gıda bulunabilirliğini iyileştirmede ve gıda güvenliğini sağlamada stratejik bir rol oynamaktadır (Pawlak and Kołodziejczak, 2020). Tarımsal teknikler genellikle zararlı istilası, yabancı otlar ve yeterli sulama sisteminin olmaması, pestisit ve gübrelerin verimsiz kullanımı, kuraklık, verimsiz hasat, depolama ve son olarak pazarlama dahil olmak üzere çeşitli engelleri aşmak zorundadır. Geleneksel yöntemler ve morfolojik özellik incelemesi zaman alıcı, hataya açık ve maliyetlidir. YZ, daha doğru ve hassas sonuçlar vermesi, prosedürü hızlandırıp basitleştirebilmesi gibi özelliklerinden dolayı tarımsal üretimde kolayca uygulanabilir (Linaza et al., 2021). Örneğin toprak yönetimi, gübre ihtiyacının hassas haritalanması, su gereksinimi değerlendirilmesi, pestisit-herbisit ihtiyacı, verim tahmini ve genel ürün yönetimi gibi alanlarda kolaylık sağlar (Aggarwal and Singh, 2021). Ayrıca yapay zeka tabanlı teknolojilerin ilerlemesiyle birlikte, geliştirilen dronlar ve robotlar, mahsullerin, hasadın ve sonraki işlemlerin gerçek zamanlı olarak izlenmesine ve elde edilen verilerin, derin öğrenme ve bilgisayarlı görüş teknikleri kullanılarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır (Talaviya et al., 2020; Linaza et al., 2021; Spanaki et al., 2022).

Yapay fonksiyonel protein tasarımı, enzim havuzlarını zenginleştirmek için bir alternatiftir ve YZ tekniklerinin öncülüğünde, hesaplamalı olarak tasarlanmış yapılar ve diziler yoluyla yeni proteinler oluşturur (Love-lock et al., 2022). YZ destekli protein mühendisliği, mühendislik ve tarama süreçlerini kolaylaştırmak için enzimlerin aktif bölgelerini ve substrat bağlanma ceplerini hesaplamalı olarak analiz ederek mevcut enzim havuzlarını hızla zenginleştirebilir (Kouba et al., 2023). Zenginleştirilmiş enzim kaynaklarıyla, kimyasal veya enzimatik reaksiyon veri tabanları üzerinde eğitimden sonra özellikle retrobiyosentez olmak üzere yol tahmini için YZ modellerini kullanabilir (Gong et al., 2024). Yapay zeka ve biyolojinin bütünleştirilmesi büyük ilgi çekmiş, genom ve protein mühendisliği, yapay protein tasarımı ve yol tahmini dahil olmak üzere mikrobiyal üretimin birden fazla alanına yardımcı olmada büyük bir başarı göstermiştir (Ferruz et al., 2023).

Problemleri tespit etmek, verimli üretim için makineleri optimize etmek ve ürün kalitesini artırmak amacıyla YZ etkili bir şekilde kullanılabilir. İyi eğitilmiş YZ modellerinin yardımıyla mikrobiyal üretim çok boyutlu Tasarım-Oluştur-Test Et-Öğren-Tahmin Et iş akışına dönüştürülmüştür (Gong et al., 2024). Giderek yaygınlaşan YZ tabanlı bilgisayar modelleri, robotik ve makine öğrenimi, suşlar için optimum büyüme koşullarını ve değerli ürünlerin elde edilebileceği optimum dereceleri geliştirmek için de kullanılabilirler. Örneğin, yapay zeka algoritmaları *Leuconostoc dextranicum*'dan glukansükraz üretiminde fermantasyon ortamının optimizasyonu için entegre edilmiştir (Singh et al., 2008). Regresyon tabanlı bir tahmin yaklaşımına göre glukansükraz aktivitesinde %6'lık bir artış öngörülmüştür. Benzer şekilde çeşitli tarımsal-endüstriyel atıklar kullanılarak *Rhizopus mikrosporozun*'dan amilazların yüksek düzeyde üretiminde optimum deney tasarımı için yanıt yüzeyi metodolojileri (RSM) tabanlı yaklaşımlardan yararlanılmıştır (Fernández Núñez et al., 2017). Ek olarak son zamanlarda, *Trichoderma stromaticum* tarafından katı hal fermantasyonu ile selüloz üretiminin optimizasyonu yapılmış ve YZ modeliyle selüloz üretiminde 31,58 katlık bir artış elde edilmiştir (Bezerra et al., 2021). Yapay zeka tabanlı teknolojiler ayrıca pilot ölçeklerde enzim üretiminde biyoprosesleri ölçeklendirmek ve optimize etmek için de kullanılmıştır. Çay atıklarını kullanarak *Staphylococcus arlettae*'den ekstraselüler lakkaz sentezini artırmak amacıyla düşük maliyetli bir yöntem olarak 37°C'de pilot ölçekli bir biyoproses kurulmuş ve bu da enzim üretimini 72 kat artırmıştır (Chauhan et al., 2018).

YZ Destekli Mikrobiyal Suş Mühendisliği

Mikrobiyal suşlar tüm kimyasallar, ilaçlar ve bitkisel doğal ürünler gibi değerli ürünlerin üretimine çevre dostu bir yaklaşım ile sürdürülebilirlik devrimine büyük katkı sağlamaktadır (Gong et al., 2024). Suş mühendisliği, biyüretim de mikropları optimize etmede kritik öneme sahip olmasına rağmen ticari olarak uygulanabilir çözümler için çeşitli mikrobiyal suşların optimizasyonunda mevcut yöntemler sınırlı kalmaya devam etmektedir. Metabolik mühendislik ve sentetik biyolojideki yenilikler, yeni suşların geliştirilmesini sağlayarak, proteinlerin, hücresel ürünlerin ve küçük moleküllerin sürdürülebilir bir şekilde üretimini desteklemektedir. Suş araştırma ekipleri, suş mühendisliği, yüksek verimli fermantasyon taraması, paralel biyoproses ve analitik otomasyonu kullanarak optimum mikroorganizmaları hızla test edip geliştirmektedirler. Mevcut biyoloji metodolojileri hala büyük ölçüde manuel tasarıma, zahmetli testlere ve kapsamlı analizlere dayanmaktadır. Yapay zeka ve biyolojinin ortaya çıkan disiplinlerarası alanı, karşılaşılan zorlukların ele alınmasında önemli hale gelmiştir. YZ destekli mikrobiyal üretim, saniyeler içinde büyük miktarda biyolojik veriyi işleme, tahmin etme ve öğrenme gücünden yararlanarak

çıktılar sağlar. YZ destekli mikrobiyal suş mühendisliği, YZ'yı mikrobiyal biyoteknolojiyle birleştirerek mikroorganizmaları belirli endüstriyel, tıbbi veya çevresel uygulamalar için optimize eden ve tasarlayan uygulamalı bir alandır.

Mikrobiyal Suşların Rasyonel Tasarımı

Mikrobiyal suşların mühendisliğinin geleneksel yöntemleri genellikle emeğin yoğun olduğu deneme-yanılma yaklaşımlarını içerir. YZ, öngörücü modeller aracılığıyla rasyonel tasarıma olanak sağlayarak, mikrobiyoloji alanında, özellikle mikrobiyal suşların rasyonel tasarımında devrim niteliğinde ilerlemeler gösteriyor. Biyoyakıt üretimi, ilaçlar, tarım ve çevresel iyileştirme gibi belirli uygulamalar için mikroorganizmaların mühendisliğini yönlendirmede YZ kullanılır. YZ, özellikle makine öğrenimi (MÖ) algoritmaları, büyük genomik veri kümelerini analiz etmede çok yeteneklidir. Gen ifadesini kontrol eden düzenleyici unsurları tanıır. Örneğin, derin öğrenme modelleri, hangi genetik modifikasyonların bir mikroorganizmanın belirli bir metaboliti üretme yeteneğini artıracakını tahmin edebilir. Metabolik yolların optimizasyonun da YZ aracı kullanılarak; tüm metabolik ağların simülasyonu, sıkıntılı yolların tespiti ve alternatif yolları önerme gibi birçok dağılım optimizasyonu yapmada yeteneklidir. Enzim ve protein tasarımında; protein yapılarını tahmin edebilir, sentetik yollarda enzim etkileşiminin optimize edilmesini, aktivite, stabilite veya özgüllüğe sahip enzimlerin tasarlanmasına yardım edebilir ve böylece yapay zeka tarafından tasarlanan enzimler, mikrobiyal suşlarda biyokatalitik süreçlerin verimliliğini artırabilir. Suş tasarımında otomasyon; binlerce genetik varyantı tasarlar ve test eder, deneysel verilere dayanarak en umut verici suş tasarımını gerçekleştirilmesine katkıda bulunabilir. Sentetik biyolojik sistemlerin tasarımında; genetik yapıların birleştirilmesinde ve denemelerde maliyetin azaltılmasında kullanılır.

Biyoremediasyon

Biyoremediasyon, büyük ölçekte çalışabilen ve mevcut ekosistemlerin bir bileşeni olarak çevrenin restorasyonuna katkıda bulunabilen uygun maliyetli bir alternatiftir. YZ, biyoremediasyona; plastikleri parçalamak, kirleticileri detoksifiye etmek veya petrol sızıntılarını temizlemek amacıyla kullanılacak olan mikrobiyal türlerin veya konsorsiyumların tasarlanması konusunda yardımcı olur (Rylott and Bruce, 2020). Bakteriyel ve fungal enzimlerin geniş çeşitliliği, toksik bileşiklerin uzaklaştırılması da dahil olmak üzere birçok mevcut zorluğa ciddi çözümler sunar.

Mikrobiyal Konsorsiyum Optimizasyonu

Mikrobiyal topluluklar, tek kültürlerle kıyasla ekosistemde daha iyi işlev görürler ve verimlilik açısından mikrobiyal bir konsorsiyumun

performansını belirlerler. Bunlardan önemli bir örnek; karmaşık konsorsiyumların lezzet, tat ve dokuyu optimize etmek için kullanıldığı süt ve süt ürünlerinin fermantasyonudur (Giri et al., 2020). Endüstri için önemli bileşiklerin büyüme ve üretim seviyelerini en üst düzeye çıkarmak için suşların ve yetiştirme koşullarının optimizasyonu ilginç olmasının yanı sıra karmaşık bir sorundur. Temel ekolojik ve evrimsel kavramların biyoteknolojik üretim süreçlerinin planlanmasına dahil edilmesinin endüstriyel biyoüretim sistemlerinin performansını önemli ölçüde arttırmaktadır (McCarty and Ledesma-Amaro, 2019). Mikrobiyal popülasyonları hücre düzeyinde mikroskopik olarak analiz etme olanağını ve hücrelerin popülasyonlarını hücre düzeyinde mikroskopik olarak analiz etme olanağını ve hücrelerin popülasyonlarının fizyolojik tepkilerini genomlarındaki, transkriptomlarındaki, proteomlarındaki veya metabolomlarındaki temel değişikliklerle ilişkilendirmek için artan analitik yetenekleri ve endüstriyel süreçleri sürekli geliştirmektedir. YZ, mikrobiyal popülasyonların hücre düzeyinde analizini geliştirmede dönüştürücü bir rol oynar. Bu durumda yapay zekanın mikrobiyal biyoteknolojiye desteği çok önemlidir.

YZ algoritmaları genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomik veriler dahil olmak üzere geniş veri kümelerini işleyebilir ve entegre edebilir. Bu çok boyutlu verileri analiz ederek, fizyolojik tepkiler ve moleküler değişiklikler arasındaki kalıpları ve korelasyonları geleneksel yöntemlerden daha etkili bir şekilde belirler. YZ özellikle makine öğrenimi (MÖ) ve derin öğrenme (DÖ) teknikleri, mikroskopik görüntülemeyi geliştirir. YZ destekli araçlar, tek tek hücreleri segmentlere ayırabilir ve sınıflandırabilir, popülasyon heterojenliğini ölçebilir ve morfolojik veya fizyolojik özelliklere göre alt popülasyonları belirleyebilir. Mikrobiyal popülasyonların çevresel veya genetik değişikliklere nasıl tepki vereceğini simüle etmek için tahmini modellerin oluşturulmasını sağlar. Bu modeller deneysel tasarım ve hipotez testine rehberlik ederek zamandan ve kaynaklardan tasarruf sağlar. YZ, özellik çıkarma ve veri normalizasyonu, görüntü segmentasyonu, gibi rutin görevleri otomatikleştirir. Bu, insan hatasını azaltır ve araştırma süreçlerini hızlandırır, tasarruf sağlar. YZ'nın karmaşık, yüksek boyutlu veri kümelerini analiz etme yeteneği, geleneksel yöntemlerle gözden kaçabilecek ilişkileri ve içgörülerini ortaya çıkarır. Örneğin, belirli fizyolojik tepkilerle bağlantılı ince gen ifadesi kalıplarını ortaya çıkarabilir. YZ, mikrobiyal suşların mühendisliği, enzim üretiminin artırılması veya metabolik yolların optimize edilmesi için özel endüstriyel veya araştırma ihtiyaçlarına göre spesifik çözümler tasarlamaya yardımcı olur. Bilim insanları, yapay zekayı mikrobiyolojik araştırmalara entegre ederek tıp, biyoteknoloji ve çevre bilimi gibi alanlarda keşifleri hızlandırabilir, düşünceyi derinleştirebilir ve yenilikçi uygulamalar geliştirebilir.

Enzim Mühendisliği

Enzim mühendisliğinin temel amacı, hedeflenen enzimlerin uygunluğunu, hatta yeniden tasarımlarını yapmak için çeşitli stratejiler aracılığıyla optimize etmektir. Yapay zekanın karmaşık veri dağılımlarını ele almadaki ustalığı, enzim araştırmalarında yeni perspektifler sunma potansiyeline sahiptir (Xie and Warshel, 2023). Enzimler, eşsiz özgüllükleri ve işlevsellikleri nedeniyle hem araştırmalarda hem de endüstride büyük bir ilgi görmüştür ve bu nedenle katalitik performansı iyileştirmek için fiziko-kimyasal özelliklerini ve uygunluklarını geliştirme fırsatları devam etmektedir. Enzim mühendisliğinde rasyonel tasarım, yönlendirilmiş evrim, yarı rasyonel tasarım ve YZ rehberliğinde tasarım dahil olmak üzere çeşitli temel stratejiler kullanılmıştır.

Biyoyakıt Üretimi

Fosil yakıtlar dünyanın güç ihtiyacının yaklaşık yüzde seksenini karşılamaktadır. Fosil yakıtların artan kullanımı, insan toplumunun bu sınırlı, yenilenemeyen enerji kaynaklarına ne kadar bağımlı olduğunu ve rezervler dikkate alındığında ciddi sonuçların insanlığı zor duruma sokacağı bir gerçektir. Fosil yakıtların kıtlığı, yüksek enerji talebi ve çevresel riskler nedeniyle, dünya nüfusu dikkatini biyoyakıt olarak bilinen (Etanol, metanol, biyogaz, biyo-sentetik gaz, biyodizel, biyo-yağ, biyokömür, biyohidrojen ve fisher-tropsch sıvıları) çevre dostu bir alternatif enerji kaynağına yöneltmiştir. Günümüzde biyokimyasal prosesler, biyokütleden biyoyakıtların ticari üretiminin çoğunu oluşturmaktadır (Naveed et al., 2024).

Son zamanlarda, ürün konsantrasyonunu tahmin etme kabiliyetleri nedeniyle YZ algoritmalarının kullanımı biyorafinerilerde hızlı bir büyümenin önünü açtığı görülmektedir. Aynı zaman da zararlı emisyonları azaltma, fosil yakıt tüketimini düşürme, düşük maliyetli hammaddelerin sentezini hızlandırma ve çok çeşitli mikroorganizmalar için elverişli bir ortam yaratma gibi finansal ve çevresel faydaları olan biyoteknolojik seçeneklere daha fazla dikkat çekildiği belirtilmektedir (Naveed et al., 2024). Örneğin; YZ, biyokütleden biyoenerji üretimini optimize etmek için kullanılan ve deneysel çalışmaların gerekliliğini azaltan biyokimyasal süreçlerin optimize edilmesi gereklidir. Ayrıca bu optimizasyonların yapılmasının diğer önemli sebebi; ekosistemin zarar görmemesi içindir (Sharmila et al., 2024). Biyokütle sektöründen biyogaz üretiminde kontrol ve yönetim gibi süreçleri iyileştirmeye büyük ölçüde yardımcı olan YZ, ürün verimi tahmini, süreç koşullarının optimizasyonu ve biyokütle ile biyoyakıt teknolojilerinin ekonomik ve çevresel etkilerinin ön değerlendirilmesi gibi uygulamalarla biyoyakıt teknolojisinin ilerlemesinde öncü bir rol oynamıştır (Okolie, 2024). YZ, mikroorganizmaların ve bitkilerin biyoyakıt üretme kapasitelerini artırmada ve genetik mühendisliğinde de, özellikle

hem termokimyasal hem de biyolojik dönüşüm prosesleri sırasında proses parametrelerinin optimizasyonunda önemli bir rol almıştır (Shelare et al., 2023).

Mikrobiyal biyoteknolojide yapay zeka kullanımındaki zorluklar ve Sınırlamalar

Biyoteknolojideki gelişmeler YZ'daki gelişmelerle birleştiğinde eşsiz yeni potansiyel çözümler ortaya çıkıyor; sürdürülebilirlik, kalkınma hedeflerine katkıda bulunma, gıda güvenliği, sağlık ve refah, temiz su, temiz enerji, sorumlu tüketim ve üretim, iklim, su altındaki yaşam veya karasal ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımını korumak, eski haline getirmek ve teşvik etmek, ormanları sürdürülebilir şekilde yönetmek, çölleşmeyle mücadele etmek, arazi bozulmasını durdurmak ve tersine çevirmek, biyolojik çeşitlilik kaybını durdurmak gibi önemli konular yer almaktadır. Ek olarak YZ tabanlı programlar ve bilgisayar modelleri minimum maliyetle maksimum istenen ürünü elde etmek için uygun koşulları optimize etmede çok etkili olduklarını kanıtladılar (Bhardwaj et al., 2022).

Sahip oldukları muazzam potansiyele rağmen, YZ ve makine öğrenimi tabanlı modellerin tasarımında kaydedilen önemli ilerlemelere rağmen, bu modelleri günlük kullanım için benimsemeye yönelik birçok olasılık henüz yenidir ve öğrenilme aşamasındadır. YZ modelleri, geliştirildikleri veri kümelerine ve bunlarla bağlantılı etiketlere son derece bağımlı olduklarından, öğrenme algoritmalarında yeterince temsil edilmeyenlere karşı sorunları pekiştirilebilir. Programlar, uygulamada yapılan yanlışlıkların analizi ve düzeltilmesi için saha uzmanlarının gözetimi altında tasarlanmalı ve değerlendirilmelidir. Mikrobiyal biyoteknoloji sektöründe bir algoritmayı benimsemek ve veri seti boyutunu değerlendirmek için tanımlanmış ve uygulanabilir protokoller oluşturmak hala büyük bir zorluktur. Bu tür protokolleri tasarlamak için, çeşitli algoritmaların etkileri/etkinliği hakkında kapsamlı bir bilgiye sahip olmak ve çok sayıda biyoendüstri zorluğunu ele almak için veri setlerini eğitmek gerekir. Biyoenerji sistemleri ve biyoreaktör tasarımlarını geliştirmek, işletmek ve optimize etmek için hala artırılmış erişilebilirlik, iyi dokümantasyon ve üstün veri toplama yöntemleri gereklidir. Bu nedenle, biyoreaktörlerin ve biyoproseslerin gerçek zamanlı izlenmesi ve kontrolü için YZ tabanlı modeller geliştirmek için daha kapsamlı veri kümelerine ve ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yukarıda belirtilen zorluklara ek olarak mikrobiyal biyoteknolojide:

- YZ modellerinin eğitilmesi için yüksek kaliteli, standartlaştırılmış ve temiz verilere ihtiyaç vardır. Ancak, bu tür veriler genellikle sınırlı, eksik ya da düzensizdir.

- Farklı laboratuvarlardan veya cihazlardan elde edilen veriler, farklı formatlarda ve standartlarda olabilir. Bu da veri entegrasyonunu zorlaştırır.
- Mikrobiyal biyoteknolojide kullanılan mikroorganizmalar çok çeşitlidir. Bir YZ modelinin bir mikroorganizma türü için başarılı olması, diğer türlerde aynı başarıyı sağlayamayabilir.
- Çoğu YZ modeli, belirli veri setlerine dayanarak geliştirilir ve farklı çevresel koşullara veya deneysel parametrelere genelleştirilmesi zor olabilir.
- Mikrobiyal biyoteknolojide genomik, proteomik ve metabolomik gibi yüksek boyutlu verilerle çalışılır. Bu verilerin işlenmesi için yüksek hesaplama gücü gerekir.
- YZ modelleri genellikle bir "kara kutu" gibi çalışır ve sonuçların biyolojik olarak nasıl ortaya çıktığı anlaşılmayabilir. Bu, bilimsel toplulukta güven eksikliğine yol açabilir.
- YZ'nin biyoteknolojide nasıl uygulanacağı konusunda standart protokoller ve rehberler sınırlıdır.
- YZ ile üretilen mikrobiyal biyoteknolojik ürünlerin etik ve yasal düzenlemeleri halen tam oturmuş değildir.
- Mikrobiyal biyoteknoloji alanındaki uzmanlar için YZ araçlarını kullanma konusunda yeterli eğitim ve kaynak sağlanmaması bir engel oluşturabilir.
- Mikrobiyoloji uzmanlarının YZ teknolojilerine hakim olmaması veya YZ uzmanlarının biyolojik süreçlere uzak olması, disiplinler arası işbirliğini zorlaştırabilir.
- Özellikle biyoteknoloji şirketleri için kritik olan genetik ve mikrobiyal verilerin korunması, YZ'nin bulut tabanlı sistemlerde kullanımında bir sorun olabilir.
- YZ tabanlı altyapıların kurulması, büyük veri yönetimi ve uzman personelin istihdam edilmesi gibi büyük maliyetler gerektirir.

Biyoenzimlerin verimli üretimi bu tür başarılarından sadece biridir ve biyoteknoloji endüstrisinin YZ uygulamasıyla nasıl dönüştürüleceğini ve bunun da bugün endüstrinin karşı karşıya olduğu en büyük zorluklardan biri olan üretim maliyetlerini düşürmeye yardımcı olacağını düşünmek iyi bir tespit olabilir. Yapay zeka ve mikrobiyoloji arasındaki sinerji, mikrobiyal dünyayı anlama ve yönetmede bir paradigma değişimini temsil ediyor. Mikrobiyologlar, veri bilimcileri ve mühendisler arasındaki iş birliği, mik-

robiyal biyoteknolojide inovasyonu yönlendirmek ve yapay zekanın etik ve sürdürülebilir uygulamalarını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir ve YZ ile mikrobiyal biyoteknolojinin kesişimi muazzam bir gelecek vaat etmektedir.

Kaynaklar

- Aggarwal, N., & Singh, D. (2021). Technology assisted farming: Implications of IoT and AI. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1022, No. 1, p. 012080). IOP Publishing.
- Bakr, M. H., & Negm, M. H. (2012). Modeling and design of high-frequency structures using artificial neural networks and space mapping. In *Advances in Imaging and Electron Physics* (Vol. 174, pp. 223-260). Elsevier.
- Bezerra, C. O., Carneiro, L. L., Carvalho, E. A., das Chagas, T. P., de Carvalho, L. R., Uetanabaro, A. P. T., ... & da Costa, A. M. (2021). Artificial intelligence as a combinatorial optimization strategy for cellulase production by *Trichoderma stromaticum* AM7 using peach-palm waste under solid-state fermentation. *BioEnergy Research*, 14(4), 1161-1170.
- Bhardwaj, A., Kishore, S., & Pandey, D. K. (2022). Artificial intelligence in biological sciences. *Life*, 12(9), 1430.
- Chakraborty, I., Choudhury, A., & Banerjee, T. S. (2017). Artificial intelligence in biological data. *J Inf Technol Softw Eng*, 7(4), 207.
- Chauhan, P. S., Goradia, B., & Jha, B. (2018). Optimization and up scaling of ionic liquid tolerant and thermo-alkali stable laccase from a marine *Staphylococcus arlettae* S1-20 using tea waste. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 86, 1-8.
- Dara, S., Dhamercherla, S., Jadav, S. S., Babu, C. M., & Ahsan, M. J. (2022). Machine learning in drug discovery: a review. *Artificial intelligence review*, 55(3), 1947-1999.
- Fernández Núñez, E. G., Barchi, A. C., Ito, S., Escaramboni, B., Herculano, R. D., Mayer, C. R. M., & de Oliva Neto, P. (2017). Artificial intelligence approach for high level production of amylase using *Rhizopus microsporus* var. *oligosporus* and different agro-industrial wastes. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 92(3), 684-692.
- Ferruz, N., Heinzinger, M., Akdel, M., Goncarencu, A., Naef, L., & Dallago, C. (2023). From sequence to function through structure: Deep learning for protein design. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 21, 238-250.
- Giri, S., Shitut, S., & Kost, C. (2020). Harnessing ecological and evolutionary principles to guide the design of microbial production consortia. *Current Opinion in Biotechnology*, 62, 228-238.
- Gong, X., Zhang, J., Gan, Q., Teng, Y., Hou, J., Lyu, Y., Liu, Z., Wu, Z., Dai, R., Zou, Y., Wang, X., Zhu, D., Zhu, H., Liu, T., & Yan, Y. (2024). Advancing microbial production through artificial intelligence-aided biology. *Biotechnology Advances*, 108399.

- Han, H., & Liu, W. (2019). The coming era of artificial intelligence in biological data science. *BMC bioinformatics*, 20(Suppl 22), 712.
- Kouba, P., Kohout, P., Haddadi, F., Bushuiev, A., Samusevich, R., Sedlar, J., ... & Mazurenko, S. (2023). Machine learning-guided protein engineering. *ACS catalysis*, 13(21), 13863-13895.
- Kulkov, I. (2023). Next-generation business models for artificial intelligence startups in the healthcare industry. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 29(4), 860-885.
- Linaza, M. T., Posada, J., Bund, J., Eisert, P., Quartulli, M., Döllner, J., Pagani, A., Olaizola, I. G., Barriguinha, A., Moysiadis, T., & Lucat, L. (2021). Data-driven artificial intelligence applications for sustainable precision agriculture. *Agronomy*, 11(6), 1227.
- Lovelock, S. L., Crawshaw, R., Basler, S., Levy, C., Baker, D., Hilvert, D., & Green, A. P. (2022). The road to fully programmable protein catalysis. *Nature*, 606(7912), 49-58.
- McCarty, N. S., & Ledesma-Amaro, R. (2019). Synthetic biology tools to engineer microbial communities for biotechnology. *Trends in biotechnology*, 37(2), 181-197.
- Naveed, M. H., Khan, M. N. A., Mukarram, M., Naqvi, S. R., Abdullah, A., Haq, Z. U., ... & Al Mohamadi, H. (2024). Cellulosic biomass fermentation for biofuel production: Review of artificial intelligence approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 113906.
- Okolie, J. A. (2024). Introduction of Machine Learning and artificial intelligence in biofuel technology. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 100928.
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability*, 12(13), 5488.
- Pei, J., & Zhavoronkov, A. (Eds.). (2021). *Artificial intelligence for drug discovery and development*. Frontiers Media SA.
- Rylott, E. L., & Bruce, N. C. (2020). How synthetic biology can help bioremediation. *Current Opinion in Chemical Biology*, 58, 86-95.
- Sah, S. (2020). *Machine learning: a review of learning types*.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Currency.
- Sharma, R., Kumar, N., & Sharma, B. B. (2022). Applications of artificial intelligence in smart agriculture: a review. *Recent Innovations in Computing: Proceedings of ICRIC 2021, Volume 1*, 135-142.
- Sharmila, V. G., Shanmugavel, S. P., & Banu, J. R. (2024). A review on emerging technologies and machine learning approaches for sustainable production of biofuel from biomass waste. *Biomass and Bioenergy*, 180, 106997.

- Shelare, S. D., Belkhode, P. N., Nikam, K. C., Jathar, L. D., Shahapurkar, K., Soudagar, M. E. M., ... & Rehan, M. (2023). Biofuels for a sustainable future: Examining the role of nano-additives, economics, policy, internet of things, artificial intelligence and machine learning technology in biodiesel production. *Energy*, 128874.
- Singh, A., Majumder, A., & Goyal, A. (2008). Artificial intelligence based optimization of exocellular glucansucrase production from *Leuconostoc dextranicum* NRRL B-1146. *Bioresource Technology*, 99(17), 8201-8206.
- Spanaki, K., Karafili, E., Sivarajah, U., Despoudi, S., & Irani, Z. (2022). Artificial intelligence and food security: swarm intelligence of AgriTech drones for smart AgriFood operations. *Production Planning & Control*, 33(16), 1498-1516.
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 58-73.
- Xie, W. J., & Warshel, A. (2023). Harnessing generative AI to decode enzyme catalysis and evolution for enhanced engineering. *National Science Review*, 10(12), nwad331.
- Xu, Y., Liu, X., Cao, X., Huang, C., Liu, E., Qian, S., ... & Zhang, J. (2021). Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research. *The Innovation*, 2(4).

”

BÖLÜM 5

BİTKİSEL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ KOMPOST GÜBRE

Ayşe GENÇ LERMİ¹

¹ Prof.Dr. / Bartın Üniversitesi Bartın Meslek Yüksekokulu
Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü/ORCID 0000-0002-1747-
8858

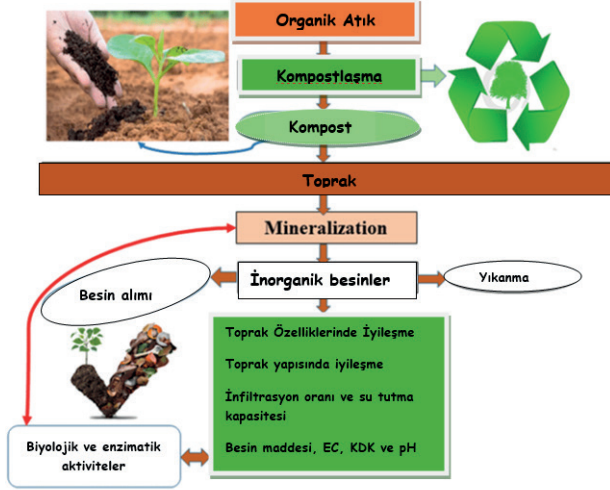
1. Sürdürülebilir Tarım ve Kompost Gübre

Tarımsal üretimde yoğun girdi kullanımı ve hatalı kültürel uygulamalar nedeniyle önemli çevresel sorunların ortaya çıkmasına ve doğal kaynakların verimsizleşmesine neden olmuştur. Geleneksel tarım uygulamalarının sebep olduğu bu olumsuz değişimler sürdürülebilir tarım uygulamaları ile telafi edilebilir. Sürdürülebilir tarım, doğal kaynaklara zarar vermeden hatta iyileştirerek, düşük girdi maaliyetleri ile verim ve kalitesi yüksek ürün elde etme prensiplerine sahip tarımsal üretim yöntemidir. Sürdürülebilir tarım, ekosistemi koruyarak toprak, su ve biyoçeşitlilik gibi doğal kaynakların verimli kullanımını sağlamaktadır (Tilman et al., 2011). Pretty, (2008) küçük ölçekli çiftliklerde sürdürülebilir tarım uygulamalarının verimliliği %79'a kadar artırabileceği belirtilmiştir. Agroekolojik uygulamalar ve organik gübre kullanımı, hem kimyasal gübre kullanımını minimize etmekte hem de tarımsal üretimin çevresel etkilerini azaltmaktadır (Pretty et al., 2018). Organik kökenli gübreler, sürdürülebilir tarım uygulamalarında hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli bir yere sahiptir.

Organik kökenli gübreler, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirerek hem toprak hem de bitkisel üretim verimliliği artırmakta ve doğal döngüyü destekleyerek çevreye duyarlı bir tarım yaklaşımını teşvik etmektedir (Şekil 1.). Benzer şekilde Lal, (2020) organik gübrelerin toprak organik madde miktarını artırarak toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini ve su tutma kapasitesini yükselttiğini vurgulamıştır. Ayrıca, organik gübrelerin besin maddesince zengin olması, kimyasal gübre ihtiyacını azaltmakta ve böylece hem maliyet hem de çevresel kirliliği azaltmaktadır (Bhattacharyya et al., 2015). Hijbeek et al. (2017) organik gübre kullanımının ürün verimini %22 oranında artırırken, karbon emisyonlarını önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Bu bağlamda, organik kökenli gübreler, yalnızca sürdürülebilir tarım uygulamalarında çevre dostu bir alternatif sunmakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik açıdan kırsal kalkınmaya da katkı sağlamaktadır.

Bitkisel atıkların kompostlanması, organik maddenin ayrışarak humuslaşması, fitotoksisite ve patojenlerden arı, belirli humik özelliklere sahip stabilize edilmiş bir son ürüne ortaya çıkararak biyooksidatif bir işlemdir (Zucconi ve Bertoldi, 1987). Kompost gübre toprağın humus miktarını artırarak toprak ekosisteminin iyileşmesine de katkıda bulunur (Sagdeeva et al., 2018). Bitki kökenli artıklardan elde edilen kompost gübre aerobik mikroorganizmaların tarafından ayrıştırılmaktadır. Kompost, bitki artıkları, hayvan gübresi, mutfak atıkları ve diğer organik atıklardan elde edilmekte ve yüksek organik madde içeriğiyle toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahiptir (Diaz et al., 2007). Bu süreçte organik madde, karbon ve azot döngüsüne dahil edilerek humusa dönüşür ve toprağın besin içeriğini artırır (Bernal et al., 2009). Kompost

gübre, toprak yapısını iyileştirmekle kalmayıp erozyona karşı direnç sağlamakta (Diacono & Montemurro, 2010) ve toprak mikrobiyal aktivitesini teşvik etmektedir (Zhang et al., 2016). Kompost gübre hem elde edilme şekliyle ve toprağa uygulanması ile sürdürülebilir tarıma önemli katkılar sağlamaktadır.



Şekil 1. Toprağa Uygulandıktan Sonra Kompost Mineralizasyonunun Şematik Diyagramı. EC: Elektriksel İletkenlik, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi (Sayara, 2020)

Kompost gübre, sürdürülebilir tarım uygulamalarında toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmenin yanında hastalık etmenlerine karşı dayanıklılık sağlayarak kimyasal girdi kullanımını önemli düzeyde minimize etmesiyle öne çıkmaktadır. Peyvast et al., (2008) kompostun, toprak pH dengesini düzenlediği, özellikle asidik topraklarda alkali etkisi göstererek bitki besin maddelerinin erişilebilirliğini artırdığı belirtmiştir. Toprak biyolojisine olan etkileri de dikkat çekicidir; kompost uygulamaları, toprak mikroorganizmalarının çeşitliliğini ve aktivitesini artırarak toprak sağlığını uzun vadede desteklemektedir (Lal, 2020). Ros ve ark. (2006) düzenli kompost uygulamasının toprak mikrobiyal aktivitesini ve biyokütlesini önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Ayrıca, kompostun ağır metallerin biyoyararlanımını azaltarak toprak toksisitesini hafifletmekte ve çevre kirliliğini önlemektedir. (Tognetti et al., 2005). Bu bağlamda, kompost gübre, toprak sağlığını iyileştirerek sürdürülebilir tarım sistemlerinin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmektedir.

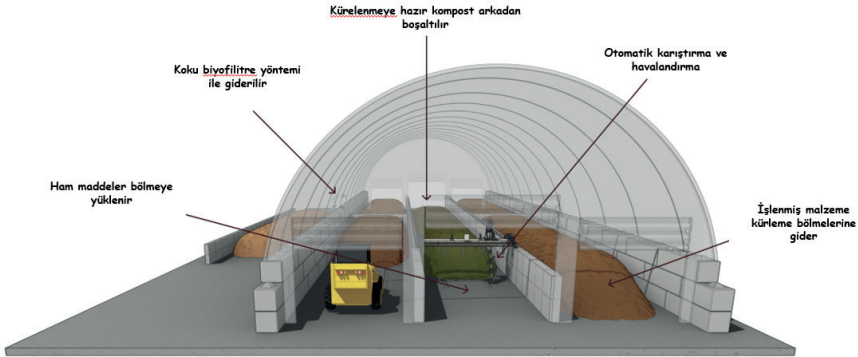
Kompost gübre, bitkilerin durak yeri ve besin kaynağı olan toprağın özelliklerini iyileştirerek bitkisel üretimde verimliliğin artmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Kompost gübre, organik materyallerin dönüşümüyle elde edilen bir ürün olarak, bitki büyümesi ve verimini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Peyvast et al. (2008) kompostun toprağın organik madde içeriğini artırarak bitkiler için gerekli olan mikro ve makro besin elementlerini sağladığı ve bu sayede ürün verimliliğini artırdığı belirtilmiştir. Benzer şekilde Tejada & Gonzalez, (2007), domateste kompost uygulamasının verimi %23 oranında artırdığı ve meyve kalitesini iyileştirdiği belirlemiştir. Bir başka çalışmada, Mkhabela & Warman, (2005) kompostun toprağın su tutma kapasitesini artırması ve besin maddelerinin yavaş salınımını sağlaması yoluyla mısır bitkisinin veriminde %15 ila %20 arasında artış sağladığını bildirmiştir.

2. Kompost Yöntemleri

Kompostlama yöntemleri hızlı kompostlama yöntemleri ve geleneksel kompostlama yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır (Taban, 2009).

Hızlı Kompostlama Yöntemleri

- a. Havuz içi (in-vessel) kompostlama yöntemi (Şekil 2., Şekil 4. f)

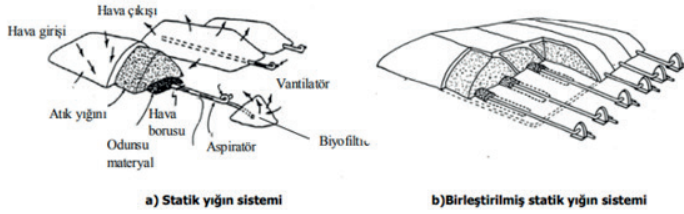


Şekil 2. Kapalı havuz içi kompostlama örneği (<https://compostingtechnology.com/in-vessel-systems/earth-flow/>)

- b. Berkley hızlı kompostlama yöntemi (Şekil 3.a)
 c. Havalandırılmalı statik yığın yöntemi (Şekil 3.c)
 d. Vermikompostlama yöntemi (Şekil 3.b, Şekil 4.e)

Geleneksel Kompostlama Yöntemleri

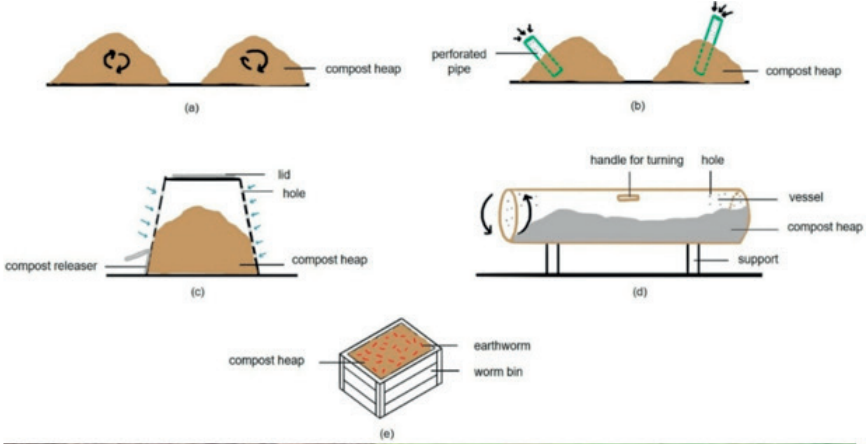
- a) Sıralı yığın (Windrow) kompostlama yöntemi (Şekil 4.a,b)
- b) Konteynır sistemleri ile kompostlama (Şekil 4.c)
- d) Indore yöntemi (Şekil 4.)



c

Şekil 3. Hızlı kompostlama yöntemlerine ait görsel.

a) Berkley yöntemi ile yüksek sıcaklıkta kompostlaşma sürecinin hızlandırılmasına ait görsel (<https://www.icomposteur.com/2021/05/the-university-of-california-method.html>) b) Solucan gübresine (vermikompost) ait görsel. <https://nwdistrict.ifas.ufl.edu/hort/category/vermicompost/> c) Statik yığın sistemine ait görsel. Külçü ve Yıldız (2005).



Şekil.4. (a) Windrow (sıralı yığın) kompostlama; (b) pasif havalandırılan windrow kompostlama; (c) kutu kompostlama; (d) in-vessel kompostlama; (e) vermikompost. (Azis et al.,2022), <https://www.rts.com/blog/what-is-commercial-composting-and-how-can-cities-manage-organic-waste>

3. Kompost Hazırlama

Bitkisel atıkların tarım ekosistemine tekrar kazandırılması amacıyla hazırlanan kompost gübre yapımında bitki materyallerinin karbon (C): azot (N) oranı, parça büyüklüğü, ortamdaki nem, sıcaklık, oksijen ve pH, mikroorganizma varlığı kompostlanma sürecini doğrudan etkileyen faktörlerdir (Şekil 5.). Kompostta kullanılacak bitki materyali kahverengiler ve yeşiller olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır (Çizelge 1.) Kahverengilerin karbon oranı yeşillerin ise azot oranı yüksektir.

Çizelge 1. Kahverengi ve yeşiller grubuna giren organik atıklar ve yaklaşık C:N oranları

Kahverengiler	C:N	Yeşiller	C:N
Kurumuş yapraklar	30-80:1	Sebze atıkları	12-20:1
Saman	40-100:1	Kahve atıkları	20:1
Kâğıt	150-200:1	Çim atıkları	12-25:1
Odun talaşı	100-500:1	Çiftlik-Kanatlı gübresi	10:1
Gübreyle karışık hayvan altlığı	30-80:1		

Kompost bitki materyalinin ayrışma ve olgunlaşma sürecini optimum düzeyde tamamlanması için en uygun karbon azot oranı 30:1 olarak belirlenmiştir. Karbon azot oranı (C/N) düşük olduğunda kompost içerisindeki azotun ayrışması için karbon yeterli olamamakta kötü kokular ortaya çıkmakta ve toksik etkili amonyaklı bileşikler oluşarak ayrışma duracaktır. Aksi durumda yani karbon azot oranı yüksek olduğunda kompost içerisindeki mikroorganizma varlığı ve sıcaklık düşerek ayrışma yavaşlayacaktır (Özkan, 2019).

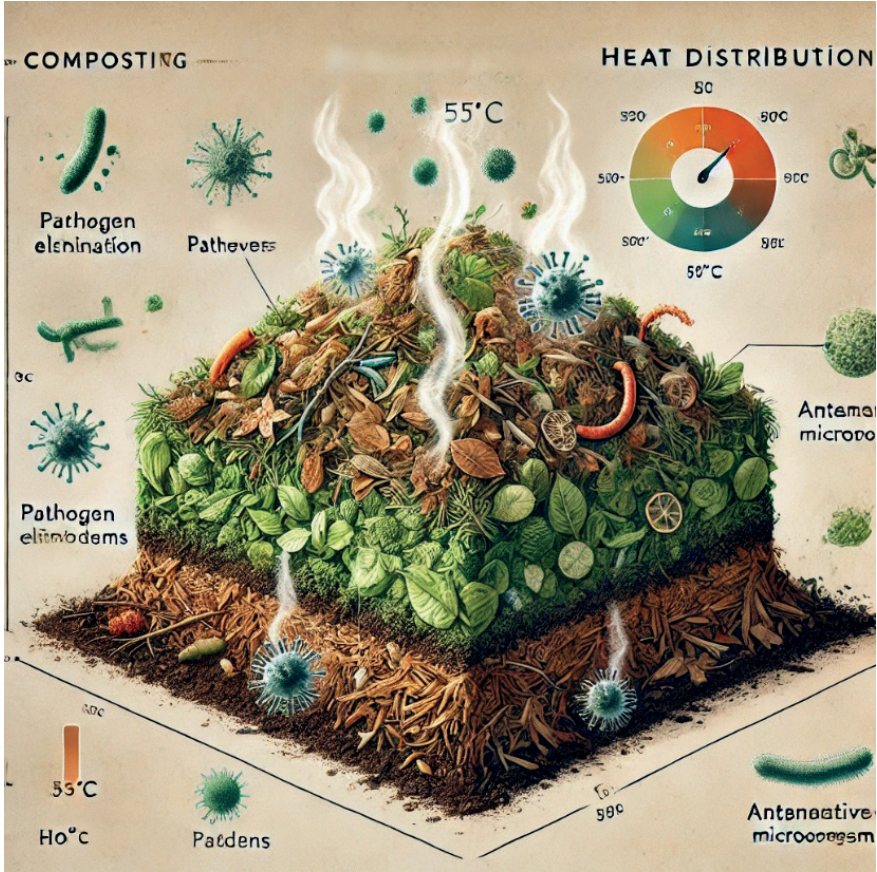


Şekil 5. Kompost olgunlaşma sürecine etki eden faktörler.

Bitkisel atıklardan kompost yapımında uygun karbon ve azot oranı hazırlandıktan sonra bitki materyalleri küçük parçalara ayrılır, mikroorganizma faaliyetini artırmak amacıyla ince bir tabaka halinde uygulanacak bir önceki dönem yapılan olgunlaşmasını tamamlamış kompost veya çiftlik gübresi, her ikisi de bulunmuyorsa toprak eklenmelidir. Yığının karıştırılması ve nemlendirilmesi bakımından yüksekliği 1-1,5 metreyi geçmemelidir. Ayrışma sürecinin ve besin maddesi kaybının azaltılması amacıyla yığının doğrudan iklim koşullarında etkilemeyecek bir yerde yapılması önem arz etmektedir. Ayrıca kompost yığının oluşturulacağı zeminin tesviyesi yapılmalı, fazla suyun uzaklaştırılması ve sıkışmayı önlemek amacıyla kahverengilerden başlayarak katmanlar oluşturulmalıdır. En alt materyalin üzerine düşük karbon içerikli mutfak ve hasat artıkları serilir ardından mikroorganizma faaliyetinin artırılması amacıyla ince bir tabaka halinde organik gübre veya toprak eklenir. Kompostun nemlendirilmesi amacıyla katmanlar sulanır. Bu işlemler aynı düzen ve oranlarda yığın 1-1,5 m yüksekliğe gelene kadar devam edilir. Yığın başlangıcında olduğu gibi en son katmana kahverengiler eklenerek kompost yığınını tamamlanır. Kompost olgunlaşmaya kadar yığının nemlendirilmesi için sulanması ve havalandırılması amacıyla karıştırılması gerekmektedir. Yığının sulanması ve havalandırılması olgunlaşma sürecinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Hazırlanan kompostun olgunlaşma süreci, uygun sıcaklıkta yeterince nemlendirilerek ve havalandırma işlemlerinin yapılması ile kısaltılabilmektedir.

4. Kompost Olgunlaşma Sürecinde Patojenler

Uygun koşullarda iyi ayrılmış bir kompost gübre, bitkilerin hastalıklara karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Bu durum hastalık etmeni olabilecek patojenlerin kompostlama esnasında yok olmasına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Kompostlama sırasında organik atıklar parçalanırken sıcaklığın artmasına bağlı olarak patojenlerde yok olmaktadır (Şekil 6.). Çoğu bitki patojeni, 55°C'de 30 dakika maruz kaldığında cansız hâle gelmektedir (Bollen, 1969). Ancak kompostlama sırasında her bölge eşit sıcaklıkta olmamaktadır. Yığınların iç kısmı çok sıcak olabilirken, dış kısımları daha düşük sıcaklıklarda kalabilir. Sıcaklığın düşük olduğu durumlarda patojenler diğer mikroorganizmaların antagonistik etkileri ile yok olabilmektedir (Bollen, 1985). Böylece olgunlaşma sürecinde yığınların düşük sıcaklıktaki bölgelerdeki bitki patojenlerini kompost içerisindeki antagonizma faktörleri ile öldürmektedir (Hoitink ve Fahy, 1986).



Şekil 6. Kompost yığının ayrışma sürecinde sıcaklık artışına bağlı olarak patojenlerin yok olmasına ait görsel (ChatGPT 4.0)

Bakteriler ve nematodlar çoğu mantar patojeninden ısıya karşı daha hassastır. Mantar patojenlerinin çoğu yüksek sıcaklıktaki kompostlamada hayatta kalmaz (Hoitink ve Fahy, 1986).

5. Kompost Uygulaması ve Hastalıklara Dayanıklılık

Yapılan araştırmalarda, organik materyalin aerobik ayrışmasının son ürünü olarak ortaya çıkan kompostların pek çok bitki hastalıklarını engellemede belirgin bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Kuter et al., 1983; Chen, 1984; Lumsden et al., 1984; Hoitink ve Fahy, 1986).

Farklı kompost türlerinin toprak kökenli hastalıkların kontrolünde etkinliği, içerdikleri mikroorganizmalara bağlı olarak değişmektedir. Sekiguchi, (1977) Japonya'nın Nagano Vadisi'nde yürüttüğü araştırmada, sebze üreticileri tarafından kullanılan kompostlanmış karaçam kabuğunun, Çin yamasında *Fusarium* kaynaklı kök çürüklüğü hastalığını azalttığını ve bu

etkinin, özellikle *Trichoderma* türlerinin popülasyon artışı ile ilişkilendirildiğini, kompost uygulamasının, *Fusarium* türlerinin popülasyon gelişimini baskılarken, toplam bakteri veya aktinomiset popülasyonunda belirgin bir değişiklik yaratmadığını bildirmiştir. Buna karşılık Kato et al., (1981) Domates için talaş bazlı ve mikroorganizmalarla zenginleştirilmiş kompost uygulamaları, *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*'ye karşı hastalık belirtilerini geciktirse de tam bir kontrol sağlayamamaktadır. Tamura ve ark. (1977) Çin lahanasında *Plasmodiophora brassicae* kaynaklı kök ur hastalığına karşı ise yaprak veya pirinç kabuğu bazlı kompostlar etkili olurken, talaş bazlı kompost daha düşük etkinlik göstermediğini tespit etmiştir. Bu bulgular, kompostun içeriği ve mikrobiyal kompozisyonunun hastalık kontrolündeki başarısını doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır.

Çeşitli çalışmalar, kompost uygulamalarının nematod kaynaklı hastalıkların şiddeti üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Hunt (1973), belediye atıklarından hazırlanan kompostların, 8 mt/ha gibi düşük uygulama oranlarında bile *Helicotylenchus* türlerinin ve *Pratylenchus dianthus*'un popülasyon gelişimini baskıladığını belirlemiştir. Aynı araştırmacı kompostlanmış sert ağaç kabuğunun, *Meloidogyne hapla*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus penetrans* ve *Trichodorus christiei* gibi geniş bir nematod yelpazesini baskılayabildiğini buna karşılık, bu nematodların popülasyon gelişimi, turba ortamında artış gösterdiğini bildirmiş ayrıca kompost uygulamalarının parazit nematodları baskılayan sefalobidler ve rabditidlerin popülasyonlarını artırdığını belirlemiştir.

Trichoderma bakterileri fosfor, mangan, bakır, demir gibi mineralleri bitkiler tarafından alınabilir hale dönüştürerek bitkilerin vejetatif aksamalarını (toprak üstü ve toprak altı aksamalarını) gelişimini teşvik etmekte ve buna bağlı olarak bazı bitki hastalıklarını azaltmakta ve verim artışı sağlamaktadır (Hibar et al 2005; Harman 2006).

6. Sonuç

Kompost ekolojik döngü içerisinde var olan döngüyü devam ettirmek amacıyla bitkisel ve hayvansal atıkların gübre olarak tarım ekosistemine geri kazandırılmasını sağlamaktadır. Kompost gübre toprağın yapısını iyileştirmesi, toprağın havalanması ve su tutma kapasitesini artırması, mikroorganizmalarca zenginleştirilmesi, hastalık etmenlerini baskılaması gibi olumlu etkileriyle bitkisel üretimde verimlilik ve kaliteyi doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Kompost gübrenin doğal kaynaklara zarar vermeden hatta iyileştirerek bitkisel üretim yapılmasına olanak sağlaması sürdürülebilir tarım uygulamaları bakımından büyük bir öneme sahiptir. Kompost gübre hazırlanma ve uygulama süreçlerindeki kolaylık bu gübrenin kullanımının yaygınlaşmasını olumlu yönde etkileyecektir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında, kırsal alanda mutfak artıkları ve

hasat artıkları, tarım işletmelerinde hasat artıkları, tarıma dayalı sanayii işletmelerinde bitkisel atıklar ve küspelerin kompost olarak değerlendirilmesi yaygınlaştırılması önem arz etmektedir. Şehirlerde ise yerel yönetimlerin bitkisel kökenli mutfak atıklarını çöp olmaktan kurtarıp değerli bir gübre olan komposta dönüştürmesi ile çevreye ve tarımsal ekosisteme önemli ve değerli katkılar sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Altomare, C., Norvell, W. A., Björkman, T., & Harman, G. E. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 2926-2933.
- Azis, F. A., Rijal, M., Suhaimi, H., & Abas, P. E. (2022). Patent landscape of composting technology: A review. *Inventions*, 7(2), 38.
- Bhattacharyya, R., Chandra, S., Singh, R. D., Kundu, S., Srivastva, A. K., & Gupta, H. S. (2015). Long-term farmyard manure application effects on properties of a silty clay loam soil under irrigated wheat–soybean rotation. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 386-396. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.08.014>
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Bollen, G. J. 1969. The selective effect of heat treatment on the microflora of a greenhouse soil. *Neth. J. Plant Pathol.* 75: 157-63
- Bollen, G. J. 1985. The fate of plant pathogens during composting of crop residues. In *Composting Agricultural and Other Wastes*, ed. I. K. R. Gasser, pp. 282-89. London/New York: Elsevier Appl. Sci. 320 pp.
- Chen, W. 1984. Suppression of cucumber damping-off and survival of the pathogen, *Pythium ultimum* Trow, in container media amended with composted hardwood bark. MS thesis. The Ohio State Univ., Columbus. 46 pp
- D'Errico, F. P., Di Maio, F. 1980. Effets des boues residuaires compostees sur la culture et le developpement de la pedofaune associee a l'oeillet. *Rev. Zool. Agric.* 79:23-28.
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(2), 401–422.
- Diaz, L. F., Savage, G. M., Eggerth, L. L., & Golueke, C. G. (2007). *Composting and recycling municipal solid waste*. CRC Press.
- Haddadin, M. S. Y., Haddadin, J., Arabiyat, O. I., & Hattar, B. I. (2009). Biological conversion of olive pomace into compost by using *Trichoderma harzianum* and *Phanerochaete chrysosporium*. *Bioresource Technology*, 100(20), 4773-4782. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.038>
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>

- Harman G E (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96: 190-194.
- Hibar K, Daamı-Remadi M, Khıareddıne H & El Mahjoub M (2005). Effet inhibiteur in vitro et in vivo du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement* 9: 163-171
- Hijbeek, R., van Ittersum, M. K., ten Berge, H. F. M., Gort, G., Spiegel, H., & Whitmore, A. P. (2017). Do organic inputs matter? A meta-analysis of additional yield effects for arable crops in Europe. *Soil Use and Management*, 33(1), 6-17. <https://doi.org/10.1111/sum.12332>
- Hoitink, H. A., & Fahy, P. C. (1986). Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual review of Phytopathology*, 24(1), 93-114.
- Hunt, P. G., Hortenstinc, C. C., Smart, G. C. Jr. 1973. Responses of plant parasitic and saprophytic nematode populations to composted municipal refuse. *J. Environ. Qual.* 2:264-66
- Kato, K., Fukaya, M., Tomita, I. 1981. Effect of successive applications of various soil amendments on tomato *Fusarium* wilt. *Res. Bull. Aichi Agric. Res. Cent.* 13;199-208
- Kuter, G. A., Nelson, E. B., Hoitink, H. A. J. , Madden, L. V. 1983. Fungal populations in container media amended with composted hardwood bark suppressive and conducive to *Rhizoctonia* damping-off. *Phytopathology* 73; 1450- 456
- Külcü, R., & Yaldız, O. (2005). Kompostlaştırma Tesislerinde Farklı Mekanizasyon Uygulamalarının Yatırım ve Üretim Maliyetlerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(3), 189-196.
- Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 123A-124A. <https://doi.org/10.2489/jsw-c.2020.0620A>
- Tamura, M., Taketani, K. 1977. Biology and control of clubroot of Chinese cabbage in the Ishikawa Prefecture. *Ishikawa Pref. Agric. Exp. Sm. Bull.* 9:1-26.
- Lumsden, R. D., Locke, J. c., Lewis, J. A., Papavizas, G. C. 1984. *Phytopathology* 74;837 (Abstr.)
- Mkhabela, M. S., & Warman, P. R. (2005). The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106(1), 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.07.014>
- Özkan, A. (2019). *Bioreaktör, windrow ve kapalı statik yığın kompostlaştırma yöntemlerinin değerlendirilmesi* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).

- Peyvast, G., Olfati, J. A., Madeni, S., & Forghani, A. (2008). Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(1), 110-113.
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles, and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., & Wratten, S. D. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441-446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>
- Ros, M., Hernandez, M. T., & García, C. (2003). Soil microbial activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(3), 463-469.
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sánchez, A. (2020). Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. *Agronomy*, 10(11), 1838.
- Sagdeeva, O., Krusir, G., Tsykalo, A., Shpyrko, T., & Leuenberger, H. (2018). Composting of Organic Waste With The Use of Mineral Additives. *Chemistry of Food Products and Materials*, 12(1), 45-53. doi:10.15673/ft.v12i1.842
- Sekiguchi, A. 1977. Control of Fusarium wilt on Chinese yam. Ann. Rep. Dep. Plant Pathol. Entomol. Veg. Floric. Exp. Stn Nagano Ipn. 1:10-11
- Shoresh, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21-43. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114450>
- Taban, S. (2009). Tavuk dışkılarının organik gübreye dönüştürülmesi. Kompostlaştırma Sistemleri ve Kompost Kullanım Alanları Çalıştayı. 18-19 Haziran, Barcelo Eresin Topkapı Hotel, İstanbul.
- Tejada, M., & Gonzalez, J. L. (2007). Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. *Soil & Tillage Research*, 93(1), 197-205. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.05.010>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Tognetti, C., Mazzarino, M. J., & Laos, F. (2008). Compost of municipal organic waste: Effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity. *Soil Biology & Biochemistry*, 37(5), 789-795.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorigato, M. (2008). Trichoderma-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>

- Wijnen, A. P. , Volker, D., Bollen, G. J. 1983. De lotgevallen van pathogene schimmels in een composthoop. *Gewasbescherming* 14:5
- Yuen, G. Y., Raabe, R. D. 1984. Effects of small-scale aerobic composting on survival of some fungal plant pathogens. *Plant Dis.* 68:134-36
- Zhang, L., Sun, X., Tian, Y., & Gong, X. (2016). Effect of brown sugar and calcium superphosphate on the secondary fermentation of green waste compost. *Bioresource Technology*, 219, 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.116>
- Zucconi, F., Monaco, A. Forte, M. , Bertoldi M. (1985) Phytotoxins during the stabilization of organic matter. J.K.R. Gasser (Ed.), *Composting of Agricultural and Other Wastes*, Elsevier Applied Science Publishers, Barking , pp. 73-85

”

BÖLÜM 6

KÜRESEL ISINMANIN BUĞDAYIN FENOLOJİK DÖNEMLERİNE ETKİSİ

Arzu MUTLU¹

¹ Doç. Dr., Harran Üniversitesi Orcid No: 0000 0001 8992 8371

Sürdürülebilirlik birlikte kullanıldığı kelimeleri niteleyen bir kavramdır. Birlikte kullanıldığı kelimeleri niteleyen devamlılığın ve sürekliliğin olduğunu bildiren bir kavramdır. Günümüzde çok kullanılan sürdürülebilirlik aslında devamlılığı ifade etmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı, günlük olarak tüketilen ürünlerin üretimini ve bu üretimin devamlılığını sağlayarak, insanların bugünkü ve gelecekteki ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. İhtiyaçlar karşılanırken sadece kendimizin değil gelecek nesillerin de düşünülerek hareket edilmesidir. Gelecek kuşakların hayatlarını devam ettirebilmeleri için “sürdürülebilirlik” kavramı hayatımızda önemli bir yer tutmaktadır.

Sürdürülebilir tarım; toprak, su kaynaklarına zarar vermeden minimum düzeyde kimyasal kullanılarak topraktaki bitki besin maddelerinin devamlılığı sağlanarak toprağa, çevreye, insana zarar vermeyen tarım teknolojilerinin kullanıldığı uygulamadır. Ama aslında şartlar uygunsa kimyasalların kullanımı yerine doğal gübre kullanımı, hastalık ve zararlılarla doğal mücadele yapılarak gelecek nesillere temiz bir doğa temiz bir toprak bırakmaktır sürdürülebilir tarım. Ancak insanlar doğal kaynakları adeta tüketmek istercesine yanlış bir şekilde kullanmakta doğal dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda insanlar bugün gündemimizde olan küresel ısınma ve iklim değişimi ile mücadele etmek zorunda kalacaklardır. İnsanların iklim üzerindeki olumsuz etkileri sanayileşmenin başlamasıyla birlikte başlamıştır ve hızla artmaya devam edecektir. Gün geçtikçe sanayileşme artmaya devam etmektedir. Nüfusun hızlı bir şekilde artması, ihtiyacı karşılamak adına arazilerin yanlış girdi kullanılarak bozulması, atmosfere verilen sera gazlarındaki artış küresel ısınmaya sebep olmuştur.

Küresel Isınma

Atmofere salınan gazların etkisiyle dünyada sera ortamı oluşmakta ve dünya yüzeyinde sıcaklık artmaktadır. Bu duruma küresel ısınma denilmektedir. Küresel ısınma dediğimiz olay özellikle son elli yıldır fark edilmiş ve giderek önemli hale gelmiştir. Sera gazlarının atmosfere ısınmasında önemli görevleri vardır. Dünyada sera gazları olmasaydı sıcaklık 30 derece daha düşük olacaktı. Özellikle sanayileşmenin başlamasıyla dünyada karbondioksit, metan, ozon ve diazot monoksit gibi gazlardan oluşan sera gazları (karbon dioksit, metan ve nitrojen oksit), yeryüzündeki sıcaklığı belirgin bir şekilde artırmıştır. Yeryüzündeki bu gazların geri emilimi olmamaktadır. Bu nedenle gaz konsantrasyonları sürekli artış halindedir. Bunun sonucunda da dünya yüzeyindeki sıcaklık artmakta ve küresel ısınma dediğimiz süreç başlamıştır (Anonim 2008).

İklim koşullarını değiştirmemiz mümkün değildir. Öyleyse yapılması gereken değişen iklim koşullarına uyum sağlamaktır. Toprağı, suyu kirletmeden, israf etmeden idareli bir şekilde kullanmayı öğrenmektir.

Dünyada Isı Değişimi

Küresel ısınmadan dolayı yaşanan sıcaklık değişimleriyle ilgili kayıtlar 19. yüzyılda tutulmaya başlanmıştır. Sıcaklığın artması buzulların erimesine ve deniz seviyesinin 10-20 cm artmasına neden olmuştur. Ancak sıcaklık artışlarının etkisi dünyanın her yerinde farklı olacaktır. Bu ısınmadan dolayı dünyanın bazı bölgelerinde şiddetli rüzgarlar ve su baskınları gibi olaylar sık ve şiddetli bir şekilde yaşanırken, bazı bölgelerinde ise kuraklıklar yaşanacaktır.

Bunun yanısıra, sıcaklık artışının kış aylarının yaz aylarına göre birkaç derece fazla olması, gündüz sıcaklarındaki artışın, gece sıcaklıklarındaki artıştan az olması bunun sonucunda karaların geceleri geç soğuması, artan sıcaklığın yağış dönemini ve miktarını değiştirdiğini, sıcaklığın etkisiyle buharlaşma ve bunun sonucunda bulut oluşumu gerçekleşmektedir. Yağan yağmurların miktarı ve sayısı artacak, sağanak yağışların sayısı artacak bunun sonucunda seller oluşacak dağlardaki buzullar ve kar örtüsü eriyerek toprak yapısı bozulacaktır. Sabit buzulların erimesi doğadaki bu olumsuzluklardan kaynaklı sera gazı salınımının miktarının artması sıcaklığın artmasına ve gelecekte yeryüzünün giderek ısınmasına ve küresel ısınma dediğimiz olayla kaarşı karşıya kalmamıza neden olacaktır (Anonim, 2008).

Dünyada küresel ısınma sanayileşmenin başlamasıyla birlikte ve bu dönemden itibaren etkisini giderek daha fazla hissettirmeye devam etmektedir. (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2019). Küresel ısınma sonucunda iklim değişmeye başlamış mevsimlerde kaymalar meydana gelmiştir. Tarım yapılan alanlar yavaş yavaş elden çıkmaya başlamış bu nedenle dünyanın dengesi bozulmaya başlamış ve son yüz elli senede dünyadaki en verimli toprakların yaklaşık yarısı tarım yapılamaz duruma gelmiştir. (Cosier, 2019 aktaran Sertyeşilişik, vd., 2020). Bu durumun giderek derinleşme riskiyle karşı karşıyayız. Verimli toprakların kaybolmasıyla birlikte giderek tarım yapamaz duruma geleceğiz, tarım yaparsak bile bu olumsuz durumlardan etkilenecek verimimiz azalacak ve gıda yetersizlikleri başlayacaktır. Savunma ve enerji ne kadar stratejik öneme sahiplerse gıda bu konular kadar önemli ve stratejik öneme sahip olan bir duruma gelmiştir (Anonymous, 2022)

Yeryüzünün ısınması tarım yapılamaz duruma gelmesi gıdanın ne kadar önemli olduğunu bize düşündürmekte ve gıda konusunu güvence altına almamız gerektiğini bize hatırlatmaktadır.

Küresel ısınma ile ilgili yapılan çalışmalar bize göstermektedir ki bu konu ile ilgili önlem almadığımız taktide bizi kötü sonuçlar bekleyecektir. Aslında biz küresel ısınmanın etkisini şu anada yaşamaktayız. Mevsimlerin kaybolması, dünyanın bazı bölgelerinde kasırgalar, seller bazı bölgelerinde kuraklıkların olması tabiat ve üzerinde yaşayan bütün canlılara zara

vermekte ve kalıcı hasarlar bırakmaktadır.

Küresel ısınmaya sera gazları (karbondioksit, su buharı, metan, azot oksit ve ozon) neden olmaktadır. Sera gazları dünyaya gelen ısının tutulmasını sağlayan gazlardır ancak sanayileşmeden kaynaklı çevrenin bozulması, tarımda kullanılan kimyasalların aşırı bir şekilde kullanımı sonucunda hem toprağın yapısının bozulması hem de sera gazı etkisinin artması sonucu çevrenin tahrip edilmesi atmosferdeki bu sera gazı miktarını değiştirmeye başlayacaktır.

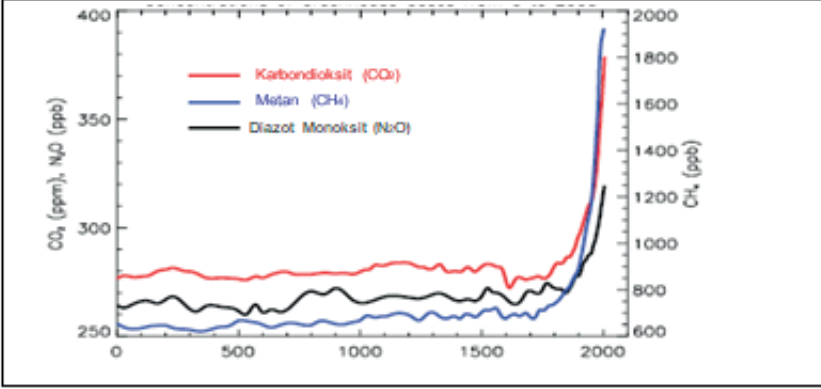
Bu değişiklikleri görmek amacıyla bazı modellemeler yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu gaz değişiminin seyri incelendiğinde bu şekilde devam ederse, 2050 yılındaki atmosferik karbondioksit düzeyinin (**550 ppm**), günümüze göre (**414 ppm**) oldukça fazla yukarısına çıkacağını göstermektedir (Anonim, 2020).

En önemli sera gazı olan CO₂'nin atmosferdeki miktarı, 1957 yılından beri düzenli olarak ölçülmektedir. İnsan kaynaklı CO₂ salımlarındaki artış bu şekilde devam ederse 21. yüzyılın sonuna kadar CO₂ birikiminin 700 ppm'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2001).

Grafik 1'de sera gazlarının iki bin yıllık seyrini gözlemlemekteyiz. Karbondioksit, metan ve diazot monoksit sera gazları karşılaştırıldığında yıllar içerisinde en fazla artan sera gazının metan olduğu görülmektedir.

Grafik 2 de gözlemlediğimiz üzere atmosferdeki CO₂ salınımı giderek artmaktadır bu duruma bağlı olarak küresel ısınma sorunu da giderek artmaktadır.

Grafik 1. Sera gazlarının 2000 yıllık seyri

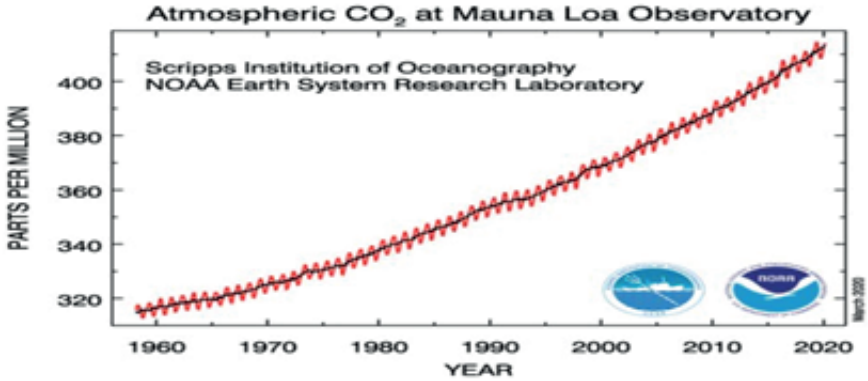


Graphic 1. 2000-year course of greenhouse gases

Kaynak: (Foster ve ark., 2007)

Graphic 2. Change in CO₂ Emission over the Years

Grafik 2. CO₂ Salınımının Yıllar İçerisindeki Değişimi



Kaynak: (Anonim 2024)

Küresel ısınma sonucunda, iklim değişikliği, kuraklığın yaşanma riski ve doğal dengenin bozulmasıyla karşı karşıya kalmaktayız. İklim değişikliğinden dolayı yağışlar azalmakta insanların su ihtiyacı karşılanamamaktadır. Yağışların azalmasıyla akarsulardaki, göllerdeki su miktarı da azalmaktadır. Bu durum şehir merkezlerinde su kesintilerine sebep olacaktır. Su kaynaklarının azalması tarımsal üretimde de olumsuzluklara neden olacaktır. Ekim yapılacağı zamanlarda toprakta tavin olmaması ekim za-

manının gecikmesine yol açacaktır. Ekim yapıldıktan sonra bitkiler sulama suyuyla da sulansa bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemlerde yağmurun yağmaması verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Şu anda sonbaharda yağacak yağış ancak kış mevsiminde görülmekte dolayısıyla mevsimlerde bir kayma olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun sonucunda kurak ve yarı kurak alanlar genişlemekte, yıllık ortalama sıcaklığın artmakta çölleşme, tuzlanma ve toprak erozyonu artmaktadır. Aynı zamanda sıcaklığın etkisiyle kar örtülü alanlar azalmakta kar örtüsü uzun süre kalmayıp erimekte, buzullar erimektedir.

Kar ve buzulların erimesi deniz seviyesinin yükselmesine ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. (Türkeş ve ark., 2008). Tarım ve iklim iç içe olan kavramlardır. Bir bölgede hangi bitkinin yetişeceği aslında o bölgedeki iklim ile ilişkilidir. İklimde meydana gelen değişiklikler doğrudan bitki gelişimini etkiler. O nedenle sadece yağışların olması değil yağışların zamanı ve miktarı önemlidir. Bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun istenilen zamanda verilmesi önemlidir ihtiyaç duyduğu dönemlerde verilmeyip de daha sonra verildiği zaman verim ve kalitenin düşmesine sebep olacaktır Yağışlardaki artış ve azalışlar değişimler, bitkileri önemli ölçüde etkiler. Bitki gelişimini etkileyen iki önemli faktör vardır. Bu faktörler sıcaklık ve CO2 miktarıdır.

Küresel Isınmanın Buğday Bitkisi Üzerine Etkileri

Tahıllar, insanların günlük besin ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir yere sahip olan bitkilerdir. Önümüzdeki 25 yıl içerisinde dünya nüfusunun 10 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Buğday üretimi %60 oranında artırılsa insanlar yeterli ve dengeli beslenebileceklerdir. dengeli ve yeterli beslenebilmesi için gerekmektedir (Hickey et al., 2019). Dünyadaki tahıl üretiminin ortalama 2.7 milyar ton kadar olduğu tahmin edilmektedir. Tahıllar içerisinde buğday en stratejik bitkidir. Toplam tahıl üretiminin %28'ini buğday oluşturmaktadır (USDA, 2021).

Günümüzde dünyada 766 milyon ton buğday üretilmektedir. Ancak küresel ısınmadan ve buna bağlı olarak iklimdeki ekstrem durumlardan dolayı buğday üretiminin %1.4 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. (Anonim, 2022). Türkiye'de 68.5 milyon da alanda buğday ekimi yapılmaktadır. İmektedir. Bu alan, ekili olan toplam tahıl alanının %44'ünü oluşturmaktadır. Ülkemiz buğday üretimi yıllık mevsimsel dalgalanmalara bağlı olarak 19-21 milyon ton arasında değişmektedir (TUİK, 2022).

Ülkemizde üretilen tarım ürünleri incelendiğinde ekimi üretimi en fazla yapılan grubun tahıllar olduğu bu grup içerisinde ilk sırayı buğday bitkisinin aldığı görülmektedir. Başta ülkemiz olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde insan beslenmesinin temel besin kaynağını tahıl ve mamulleri oluşturmaktadır. Tahıllar aynı zamanda hayvansal üretim ve sanayi

sektörünün ihtiyaç duyduğu mutlak gerekli ürün gruplarıdır.

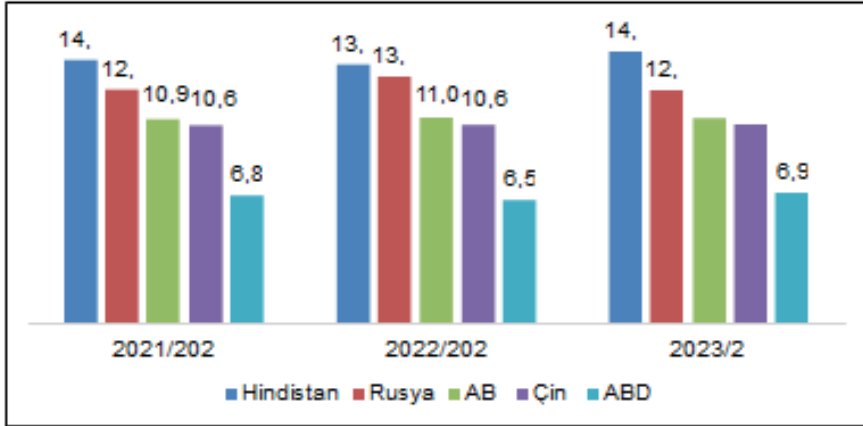
Küresel ısınmanın tahıl bitkilerinde göstereceği ilk etki olgunlaşma süresinin kısalması bu duruma bağlı olarak verim ve kalitenin düşüş göstermesi şeklinde olacaktır.

Artan sıcaklığın tahıllarda göstereceği ilk etki, kısalan olgunlaşma süresi nedeniyle verim ve kalitede yaşanacak düşüş şeklinde ortaya çıkacaktır. Dane doldurma döneminde sıcaklığın artması dane doldurma dönemini hızlandırarak verim ve kalitenin düşmesine neden olacaktır. İlk dönemlerde sıcaklığın ve karbondioksit miktarının artmasına bağlı olarak bir miktar üretim artışları olsa da ilerleyen dönemde aşırı sıcaklık ve karbon birikimi ve üretim alanlarının azalması nedeniyle asıl kayıp ortaya çıkacaktır. Bu konuda Hindistan'da yapılan bir modellemede olası bir küresel ısınma etkisiyle eğer sıcaklık 4 °C derece artacak olursa, tahıl üretiminin %25-40, buğday üretiminin %30-35 oranında azalacağı tespit edilmiştir (Mendelsohn, 2000).

Toplam ekim alanlarının %15'inde üretilen, gıda ihtiyacının kalori bakımından % 20, protein bakımından ise % 25'ini sağlayan buğday, bitkisel üretimde en önemli ürün olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda birçok ülkenin temel besin maddesidir. Son yıllarda nüfusun giderek artması bu gıdaya olan ihtiyacın da giderek artmasına neden olmuştur (Kapur, 2010).

Grafik 3. Dünya buğday ekim alanında önemli ülkelerin payları (%)

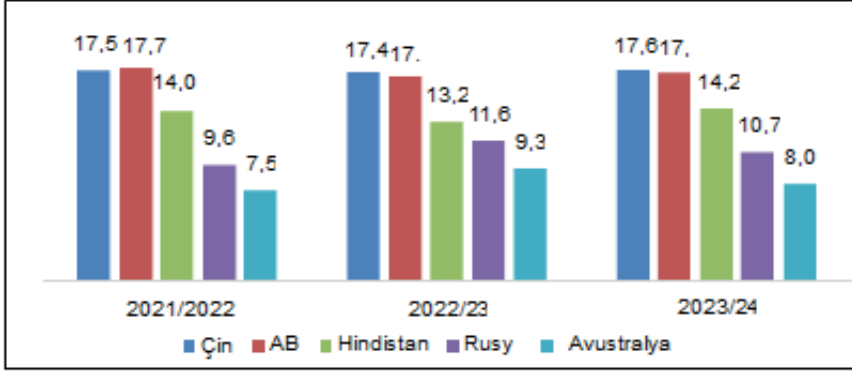
Graphic 3. Shares of important countries in world wheat cultivation area (%)



Kaynak: USDA, (Erişim: 09.08.2023)

Grafik 3 incelendiğinde, Türkiye'nin dünyadaki toplam buğday ekili alanların %3 lük kısmını buğday üretiminin %2'lik kısmını karşıladığı görülmektedir. Ülkemiz buğday üretiminde dünyada 10. sıradadır (Anonim, 2023).

Grafik 4. Dünya buğday üretiminde önemli ülkelerin payları (%)
 Graphic 4. Shares of important countries in world wheat production (%)



Kaynak: USDA, (Erişim: 09.08.2023)

Grafik 4 incelendiğinde görülmektedir ki dünya genelinde en az ekmek tüketen Avrupa Birliği ülkeleri bile buğday üretimine çok önem vermektedir. Çünkü buğday dünyadaki stratejik ürünlerden birisidir.

Afzal ve ark. (2016), Pakistan'ın Pencab şehrinde 1981-2012 yılları arasında küresel ısınmanın buğday bitkisi üzerine etkisini inceleyen bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda; buğday üretiminde sıcaklığın ekim ve hasat aşamalarında olumlu, çiçeklenme döneminde ise olumsuz bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Buğday bitkisi üzerine yürütülen bir araştırmada, küresel ısınmaya bağlı olarak her 1°C'lik sıcaklık artışının, %6'lık üretim miktarında bir düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir (Asseng ve ark. 2015).

Ayata (2010), 1971-2000 yılları arasındaki verileri kullanarak küresel ısınmanın Nijerya tarımına etkilerini ve iklim değişikliğine uyumu tespit etmek amacıyla yürüttükleri çalışmada, olumsuz iklim koşulları ve nüfus artışının bu şekilde devam etmesi halinde tahıl üretiminin yetersiz olacağını bildirmişlerdir. Çünkü çoğu ülkenin temel besin kaynağı buğdaydır. Bu nedenle açlıktan ölümlerin artabileceği bildirilmiştir.

Türkiye için 2050 yılına yönelik olarak dört üründe çalışma yapılmış ve üretim miktarının buğdayda %8.18 oranında azalma yaşanacağı tahmin edilmiştir (Dellal, 2011).

Chmielewski ve ark. (2002), tarla bitkilerinde büyüme periyodu uzunluğunun artması, tür seçimini, ekim nöbetini olumlu yönde etkileyebileceğini ancak gelişme periyodunun kısalması, başakta tane sayısını, başakta tane ağırlığını ve tane verimini olumsuz etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Buğdayın Fenolojik Dönemleri

Buğdayın fenolojik dönemleri ekim, çıkış, yapraklanma, kardeşlenme, sapa kalkma, başaklanma, çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat şeklidir (DMİ, 2005). Küresel ısınma buğdayın bütün fenolojik dönemlerini etkilemektedir.

Buğday bitkisi, vejetatif dönem ve generatif dönem olmak üzere iki dönem sonunda gelişimini tamamlamakta ve hasat edilmektedir. Buğday tanesinin iriliği ve kalitesi özellikle generatif döneme bağlıdır. Generatif dönemde oluşan bitkiyi etkileyen stres koşulları kuraklık ve bitki besin maddesi eksikliğidir. Bitki bu dönemde stres koşullarına maruz kalırsa depo edilen besin elementlerinin taneye gönderilmeden erken dönemde gelişmesini tamamlayarak hasat olgunluğuna gelmektedir. Besin maddelerinin taneye gönderilmeden bitkinin hasat olgunluğuna gelmesi. Tane gelişimini olumsuz etkileyerek verim ve kalitenin düşmesine neden olacaktır. Buğdayda çiçeklenme ve tane dolum dönemlerindeki optimum sıcaklıklar 12 ile 22 °C arasında değişmektedir. Bu sıcaklıkların üzerinde değerler açığa çıktığı zaman verimde önemli derecede düşüşler yaşanmaktadır.

Çiçeklenme buğday bitkisinde en önemli fenolojik dönemlerden birisidir. Buğday çiçeklenme döneminde yüksek sıcaklıkların olması polenlerin döllenme kabiliyetini düşürmekte dolayısıyla başaktaki tane sayısını azaltmaktadır.

Bitki gelişiminde sıcaklığın maksimum sıcaklığın üzerine çıkmasından ziyade günlük minimum sıcaklığın üzerine çıkması önemlidir. Çiçeklenme dönemi ile tane doldurma dönemi arasındaki sıcaklık stres koşullarının oluşmasını sağlayan sıcaklıktır. Küresel ısınmadan dolayı ekimlerden geç yapılmakta bunun sonucunda çiçeklenme ve tane doldurma dönemleri arasındaki kısalmaktadır. Bu dönemde sıcaklığın fazla olması tane veriminin düşmesine neden olacaktır.

Sıcaklıklarda 2050 yılında 1.8 °C ve 2100 yılına gelindiğinde ise 3.2 °C'lik ciddi artışlar görüleceği düşünülmektedir. Yıllık ortalamanın 1-3 °C'lik bir artışı az görünmesine karşılık aylık ortalama sıcaklıkları önemli düzeyde etkileyecektir. Bitki gelişiminde gece sıcaklığı da önemlidir. Gece sıcaklığının 1 °C'lik artışı %10'luk verim düşüşüne sebep olmaktadır. (Farooq vd., 2011). Mayıs-Haziran ayları buğday üretimi için önemli aylardır. Bu aylarda sıcaklıklarda görülen değişiklikler özellikle tane verimi ve kalitesini etkilemektedir. Bu aylarda yüksek sıcaklığın olması depolanan besin kaynaklarının bitkiye ulaştırılmadan bitkilerin bu dönemleri tamamladıkları bu nedenle de verim ve kalitenin düşmektedir (Kaya vd., 2002).

Yapılan bir çalışmada, bitki gelişim evresinin başladığı Şubat-Mart-Nisan-Mayıs döneminde sıcaklıklardaki 0,5°C / on yıl (%95 düzeyinde an-

lamli) bir artışın, fenolojik olayların tarihlerinde gözle görülür değişikliklere neden olduğu ve sıcaklığın etkisiyle fenolojik dönemlerin daha erkene kaydığı, özellikle kışlık buğdayın başaklanma ve hasat tarihlerinde yüzde yılda kırk günlük bir kayma hesaplandığı ve bu eğilimin %99,9 düzeyinde anlamlı bulunduğu tespit edilmiştir (Türkoğlu N., vd. 2014).

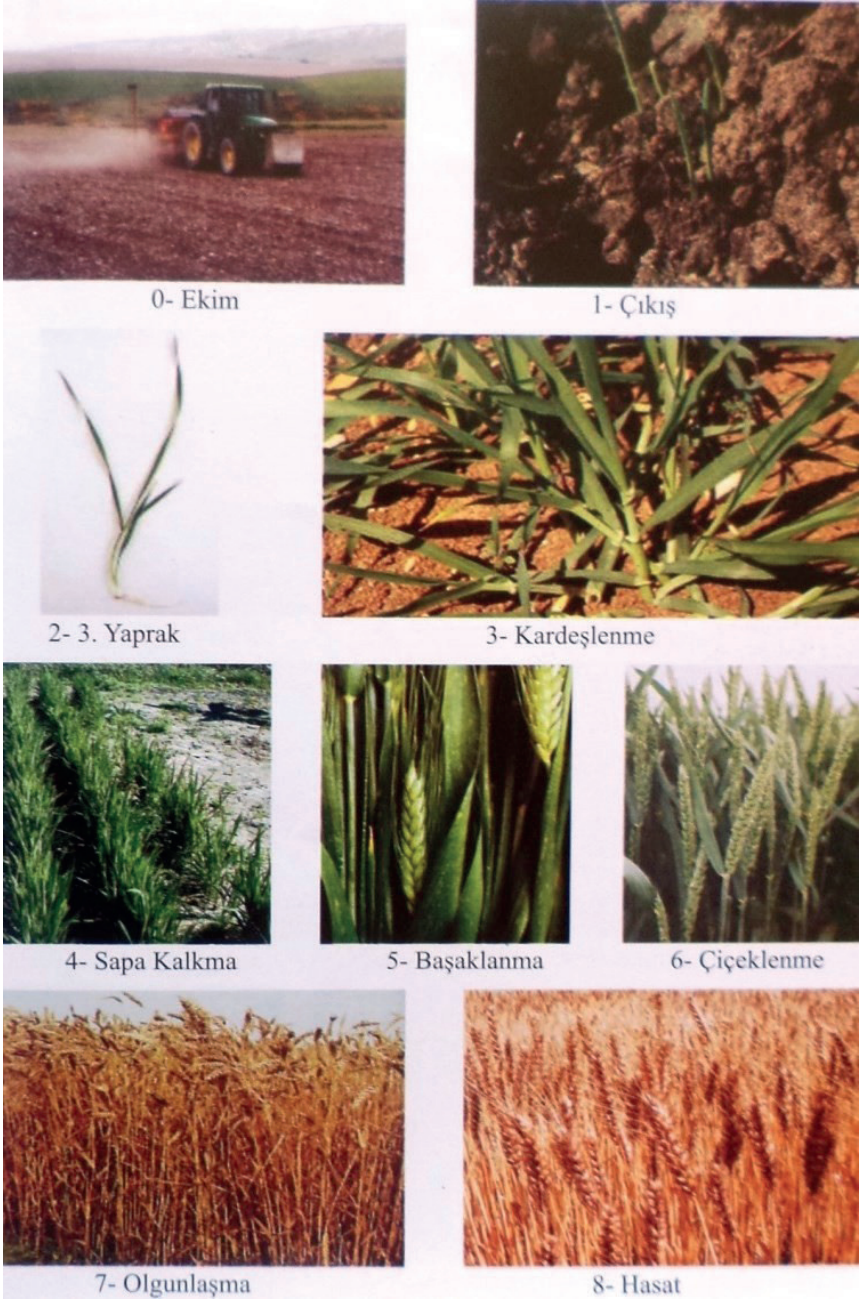
Sıcaklık artışı hem tane verimini hem de başakta tane sayısını olumsuz yönde etkilemektedir. Buğdayın fenolojik dönemlerini karşılaştırdığımız zaman çiçeklenme dönemindeki iklim değişikliği buğday bitkisindeki ağırlığın %70lik kısmını oluşturan nişasta miktarını azaltarak verimin azalmasına sebep olur. Çiçeklenme dönemindeki sıcaklık artışı bitkide strese sebep olur. Bitki tam tane doldurmadan hasat olgunluğuna gelir. Sıcaklığın artmasından dolayı tane doldurma periyodu kısaltmakta, taneye yeterli miktarda besin maddesi birikimi olmadan tane hasat olgunluğuna gelmektedir.

Çiçeklenme dönemindeki sıcaklığın 18-22 °C'ye yükselmesi sonucunda tanedeki nişasta miktarı azalır. Sıcaklığın 20 °C nin üzerine çıkması bitkinin tane doldurma süresinin 12 gün daha azalmasına sebep olur. Optimum çevre koşullarında bitkinin tane doldurabilmesi için %90-95' karbon asimilasyonu gereklidir. Bitkiler ilk olarak ihtiyaç duydukları besini karşılamış olsalar bile iklim değişikliğinden dolayı stres koşulları oluşmuşsa ihtiyaç duyulan besinlerin taneye taşınması farklı yollarla olmaktadır. (Farooq vd., 2011).

Buğday bitkisinde en son yaprağın yeşil kalma süresi en uzun olan çeşitler sıcaklık stresini biraz daha tolere edebilirler. Uzun süre yeşil kaldıklarından dolayı fotosentez miktarı artmakta dolayısıyla bitki besin maddeleri daha fazla oluşmaktadır. Bu nedenle diğer çeşitlere nazaran bitki bu fenolojik dönemi daha uzun geçirmektedir. Bu durum da verim ve kalitenin artmasına neden olacaktır.

Günlük sıcaklığın 35 °C'ye yükselmesi buğday bitkisinin çiçeklenme periyodu ve tane doldurma periyodunu etkileyerek çiçeklenme döneminde tanenin dölllenmesinde sıkıntılara yol açacak, yüksek sıcaklıklarla birlikte bitkide hem dölllenme hem de tane doldurma konusunda sıkıntılar yaşanacak verim ve kalite düşecektir. Ayrıca gündüz sıcaklığın çok yüksek olması gece sıcaklığının çok düşük olması yani gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı bitkilerin istenilen düzeyde fotosentez yapmasını engelleyecektir

Tane dolum periyotlarında sıcaklığın artması bu periyodun hızla kısaltılmasına ve dolayısıyla karbonhidrat birikiminin azalmasına protein miktarının artmasına (Dupont ve Albenbach, 2003) neden olacaktır. Tane dolum döneminin kısaltılması protein oranını arttırmakta karbonhidrat oranını azaltmaktadır.



Şekil 1. Buğday Bitkisinin Fenolojik Dönemleri (DMI, 2005)
Shape 1. Phenological Periods of Wheat Plant (DMI, 2005)

Çiçeklenme döneminde görülen ani sıcaklık değişimleri protein birikimini olumsuz yönde etkilemekte tane dolum periyodunun son aşamalarında görülen yüksek sıcaklık ise bitkide protein miktarı değişimine neden olmamaktadır (Corbellini vd., 1998). Verim ile protein oranı arasında ters bir ilişki vardır. Yani verim arttıkça protein oranı azalmakta verim azaldıkça protein oranı artmaktadır. Protein oranının artması makarnalık buğdayda tane kalitesini artırır ancak ekmeçlik buğdayda tane kalitesi açısından olumsuz bir durumdur. (Dupont ve Altenbach, 2003).

Melbourne Üniversitesi tarafından, ekmeçlik buğday için 550 ppm karbondioksit seviyesinde yapılan çalışmada; demir'de %10, çinko'da %22 ve kalsiyum'da %15 oranında azalma tespit edilmiştir. Özellikle tahıl ürünlerinde, demir ve çinko gibi mikro-elementlerin azalmasında, atmosferdeki karbondioksitin artmasından başka nedenler de vardır. Örneğin; yüksek fosfat ve azot ile gübrelenmiş topraklardaki tahılların, demir ve çinko yapma kabiliyetlerinde düşmeler olduğu tespit edilmiştir.

Soutwestern Üniversitesi tarafından yapılan araştırmalar, buğday, arpa ve pirinç ürünlerine ait **protein** içeriğinin, CO₂'in 2050 yılında beklenen seviyeye çıkması durumunda ve diğer tüm parametreler sabit bırakıldığında (toprak mineral dengesi vb.), bugünkü değerinden % 10-15 daha düşük seviyede olabileceğini göstermektedir. Aynı çalışmada, az azot içeren toprakta yetişen buğdayda protein kaybının daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Anonim 2024).

SONUÇ

Tarım sektörü küresel ısınmadan en çok etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Dünyanın nüfusu giderek artmaktadır. İleriki yıllarda kıtlık sorunuyla karşılaşmamak için çözüm üretilmesi gerekmektedir. Çiftçilerin sulama konusunda bilinçlendirilmesi, damlama sulama konusunda çiftçilerin teşvik edilmesi, az ve etkili su kullanımına yönelik yeni sulama teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda nemi toprakta biriktirmek adına fazla sayıda toprak işlemeden kaçınılması, hastalık ve zararlılarla mücadele edilirken kimyasal gübre kullanılmaması, tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, çiftçilerin ve üreticilerin tarımda devamlılığın sağlanabilmesi için aşırı kimyasal kullanımından uzak durulması konusunda bilinçlendirilmelidir. Küresel ısınma ile mücadele etmek için ülkelerin bir araya gelerek bu tedbirleri tüm dünya ülkelerinin birlikte yapması gerekmektedir.

Kurak ve yarı kurak alanlarda bulunan ve temel gıda maddesi buğday olan ülkeler için küresel ısınma gerçekten çok ciddi bir konudur. İnsanların yaşamını devam ettirebilmesi için temiz hava temiz su ve sağlıklı gıdaya ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin günümüzde yaşadığımız kuraklık, sel gibi olayların önümüzdeki yıllarda etkisini daha fazla

göstererek mevsimlerin değişmesine buna bağlı olarak bölgede yetiştirilen bitkilerin ekim tarihlerinin kaymasına sebep olacağı tahmin edilmektedir.

Buğdayın fenolojik dönemleri karşılaştırdığında çiçeklene ve ta ne dolum peryotlarının en önemli dönemler olduğu bilinmektedir. Bu dönemlerdeki sıcaklık değişimleri tane verimi ve kaliteyi etkilemektedir. Özellikle ekmeclik buğdayın kalitesi üzerinde önemli etkileri vardır. Tane dolum döneminde taneye önce nişasta birikmekte daha sonra protein birikimi olmaktadır. Sıcaklığın bastırmasıyla bitki nişasta birikimini erken dönemde durdurmakta protein biriktirmeye başlamaktadır. Tane iriliği azalmaktadır. Buna bağlı olarak tane verimi azalmakta kalite düşmektedir Bİslah çalışmaları ile birlikte sıcaklığa tolerans mekanizmalarının bulunduğu çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak; bu konuda yapılan çalışmalar çok yeni ve az olmasına rağmen, küresel ısınmadan dolayı buğdayın protein ve nişasta oranının atmosferdeki karbondioksit seviyesinin artmasından dolayı azaldığı tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Afzal, M. Ahmed, T. and Ahmed, G. (2016). Empirical Assessment Of Climate Change On Majoragricultural Crops of Punjab, Pakistan. MPRA Paper, No. 70958, <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/70958/>
- Apata, T.G. (2010). Effects of Global Climate Change On Nigerian Agriculture: An Empirical Analysis. CBN Journalof Applied Statistics, 2(1):31-50
- Anonim, (2008). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation; jurisdiction: Commonwealth of Australia. (n.d.). Climate change effects on marine ecosystems report (Fact Sheet).CSIRO Sea_Environmental_Management_IW2.doc Australia. From Black
- Anonim, (2020). <https://www.foodfecure.com/kuresel-snma-besnlmz-nasl-etklyor-2/>
(Erişim Tarihi: 14/12/2024)
- Anonim, (2022). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF>(Erişim tarihi: 10.05.2023).
- Anonim, (2023). <http://arastirma.tarimorma.gov.tr/tepge>
- Anonim, 2024. <https://www.foodfecure.com/kuresel-snma-besnlmz-nasl-etklyor-2/> (Erişim Tarihi: 14.12.2024)
- Anonymous, 2022. Barilla Center For Food & Nutrition (BCFN). (2022). The challenges of food security, <https://www.barillacfn.com/m/publications/pp-challenges-food-security.pdf> adresinden 24 Şubat 2022 tarihinde alınmıştır.
- Asseng, Senthold. Zhu, Y. Wang, E. & Zhang, W. (2015). Chapter 20- Crop Modeling For Climate Change İmpact And Adaptation A2- Sadras, Victor O. In D. F. Calderini (Ed.). Crop Physiology (Second Edition) (Pp. 505–546). San Diego: Academic Press. Doi: <http://Dx.Doi.Org/10.1016/B978-0-12-417104-6.00020-0>
- Chmielewski, FM. Müller, A. Bruns E. (2002). Climate Changes And Trends İn Phenology Of Fruit Trees and Field Crops İn Germany. 1961-2000. Agricultural and Forest Meteorology, 121(1-2): 69-78.
- Corbellini, M. Mazza, L. Ciaffi, M. Lafiandria, D. Borghi, B. (1998). Effect Of Heat Shock During Grain Filling On Protein Composition and Technological Quality Of Wheats. Euphytica, 100: 147-154
- Cosier, S. (2019). The World Needs Topsoil to Grow 95% of İts Food – But İt’s Rapidly Disappearing. Guardian News & Media Limited, <https://www.theguardian.com/us-news/2019/may/30/topsoil-farming-agriculture> fo-d-toxic-america adresinden 24 Şubat 2022 tarihinde alınmıştır.
- Dellal, I. (2011). The Economic Assessment Of Climate Change On Turkish Agriculture. Journal of Environmental Protection and Eco-

logy,12(1):376-385.

- DMÍ, (2005). Fenolojik Gözlemler, Meteoroloji memurlarının el kitabı, Teknik Seri No. 6.
- Dupont, F. M. Altenbach, S. B. (2003). Molecular And Biochemical Impacts Of Environmental Factors On Wheat Grain Development And Protein Synthesis. *Journal of Cereal Science*, 38 :133-146.
- Farooq, M. Bramley, H. Palta, J. A. Siddique, H. M. (2011). Heat Stress İn Wheat During Reproductive And Grainfilling Phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30 (1): 1-17.
- Forster, P. Ramaswamy, V. Artaxo, P. Berntsen, T. Betts R. Fahey, D.W. Haywood, J. Lean, J. Lowe, D.C. Myhre, G. Nganga, J. Prinn, R. Raga, G. Schulz, M. Van Dorland, R. (2007): Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Hickey, L.T. Hafeez, A.N. Robinson, H., Jackson, S. A. Leal-Bertioli, S. C. M. Tester, M. et al. (2019). Breeding Crops To Feed 10 Billion. *Nat. Biotechnol*, 37, 744–754.
- IPCC, (2001). *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*.pp 398-400.
- IPCC. (2019). *Special Report On Climate Change And Land*. Retrieved From <https://www.ipcc.ch/srccl/> (Erişim Tarihi: 14.06. 2023).
- Kapur, B. (2010). Artan CO₂ ve Küresel İklim Değişikliğinin Çukurova Bölgesinde Buğday Verimliliği Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Mendelsohn, R. (2000). Measuring The Effect Of Climate Change On Developing Country Agriculture. In *To Essays On Climate Change And Agriculture: A developing Country Perspective*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2-23.
- Sertyeşilışık, E. İnan, N. ve Sertyeşilışık, B. (2020). İklim Değişikliğinin ‘İklim Mültecileri’ne, Şehirleşmeye ve Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri, ISEM2020 The 5th International Symposium on the Environment and Morals 5. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu, 24-25 Eylül 2020, İstanbul, Türkiye.
- Türkoğlu, N. Çiçek, İ. Şensoy, S. (2014). Türkiye’de İklim Değişikliğinin Meyve Ağaçları Ve Tarla Bitkilerinin Fenolojik Dönemlerine Etkileri. *Tücaum - VIII. Coğrafya Sempozyumu*, 23-24 Ekim 2014, Ankara.

- TUİK, (2022). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim>(Erişim tarihi: 10.05.2023). USDA, (2021). <https://www.usda.gov/>(Erişim tarihi: 10.05.2023).
- Türkeş M.,(2008). Küresel iklim değişikliği ve etkileri. 2023 Dergisi, www.2023.gen.tr, 1-14.
- Türkoğlu, N. Çiçek İ. ve Şensoy S. (2014). Türkiye’de İklim Değişikliğinin Meyve Ağaçları ve Tarla Bitkilerinin Fenolojik Dönemlerine Etkileri. TÜCA-UM -VIII. Coğrafya Sempozyumu, 23-24 Ekim 2014, Ankara.
- USDA, (2023). (<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html>” \l “/app/advQuery)

”

BÖLÜM 7

KESTANENİN ÇİÇEKLENME SÜRECİ: MORFOLOJİK GELİŞİMİN AYRINTILARI

Cevriye MERT¹, Başak MÜFTÜOĞLU²

¹ Prof.Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 16059, Bursa, cevmert@uludag.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-3092-5023

² Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 16059, Bursa basakmuftuoglu@uludag.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1059-7042

1. Giriş

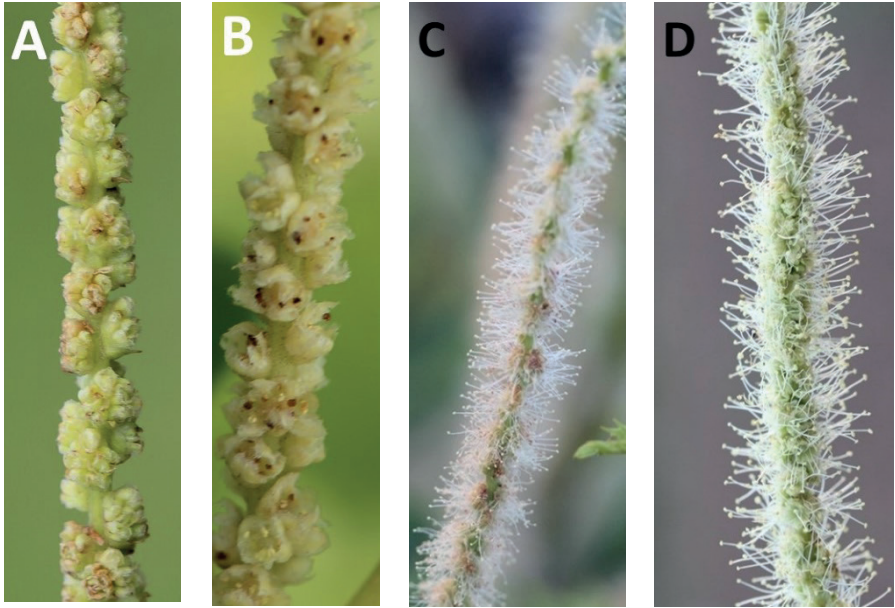
Kestaneler ($2n=24$), Angiosperm sınıfının *Fagales* takımına ait *Fagaceae* familyasında yer alan bitkilerdir. Kuzey yarım kürenin ılıman bölgelerindeki ormanlarda yaygın olarak dağılmaktadır. *Castanea* cinsinin farklı türleri Çin (*Castanea mollissima* BL. ve *Castanea seguinii* Dode.), Japonya (*Castanea crenata* Sieb. & Zucc.), Kuzey Amerika [*Castanea dentata* (Marsh.) Brokh] ve Avrupa’da (*Castanea sativa* Mill.) bulunmaktadır (Soylu, 2004, Pereira-Lorenzo ve ark., 2012). Bu türler ekonomik öneme sahiptir. Avrupa’da ve ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren kestane türü *Castanea sativa* Mill.’dir. Bu türün ana vatanın Anadolu olduğu ve Avrupa ülkelerine buradan yayıldığı düşünülmektedir. FAO 2023 yılı verilerine göre dünya kestane üretimi 2 095 741 tondur. Çin 1 521 017 ton ile kestane üretiminde lider konumda olup, onu İspanya, Bolivya, Türkiye, İtalya ve Güney Kore takip etmektedir (FAO, 2024). Ülkemizde kestane üretim alanları Marmara, Ege ve Karadeniz Bölgelerinde yayılış göstermektedir. TÜİK 2023 yılı verilerine göre Türkiye toplam kestane üretimi 71 156 ton olup, en fazla kestane üretimi Aydın (22 715 ton) ve İzmir (20 695 ton) illerinde gerçekleşmekte bunu Bartın (4 013 ton), Zonguldak (3 122 ton), Bursa (3 418 ton) ve Manisa (2 739 ton) izlemektedir (TÜİK, 2024). Kestane meyvesi taze olarak, kebablık veya haşlanmış olarak tüketilir. İşlenmiş olarak kestane şekeri, püresi ve unu vb. şekillerde değerlendirilir. Erkek çiçekleri bal üretimi ve bitki çayı, odunu kereste başta olmak üzere değişik amaçlar için kullanılmaktadır (Mert ve Poyraz Engin, 2018).

Kestane, hem erkek hem de dişi çiçekleri aynı ağaçta bulunduran monoik bir bitkidir. Kestaneler duodikogami adı verilen çiçeklenme fenolojisine sahiptir. Çiçekleri, yetiştirme dönemi boyunca gelişir ve çiçeklenme sırası genellikle erkek çiçeklerin açılmasıyla başlar, ardından dişi çiçekler olgunlaşır ve son olarak karışık eşeyli püsküllerdeki erkek çiçekler açılır. Kestanelerde iki farklı püskül türü bulunur: erkek çiçek püskülleri ve karışık eşeyli püsküller. Erkek çiçek püskülleri, sürgünlerin alt, orta ve orta üst kısımlarındaki yaprak koltuklarında yer alır ve yalnızca erkek çiçekleri içerir. Bu püsküller, tozlanma sürecinde etkin rol oynar. Karışık eşeyli püsküller ise sürgünlerin uç ve uçaltı bölümlerinde gelişir ve üzerinde hem erkek hem de dişi çiçekler bulunur (Şekil 1). Püskül boyları, üzerindeki çiçek kümeleri ve her bir kümeye ait çiçek sayıları, kestane türleri ve çeşitlerine göre farklılıklar gösterir (Soylu ve Ayfer, 1993; Müftüoğlu ve Mert, 2022). Kestaneler, erkek çiçek yapıları açısından dört gruba ayrılmaktadır: astamine (stamensiz), kısa stamenli (brachistamine), orta boy stamenli (mezostamine) ve uzun stamenli (longistamine) (Şekil 2). Astamine tiplerinde erkek organ bulunmaz; erkek çiçekler başlangıçta püskül ekseninde normal bir şekilde sıralanır, ancak primordiumlar başçıkları oluşturamaz (Şekil 2A). Kısa stamenli genotiplerde erkek organlar tepal içinde

kalır, orta boyda olanlarda tepal boyuna eşit ya da biraz daha uzun olur, uzun stamenli türlerde ise erkek organlar tepalin çok dışına çıkar (Şekil 2 B,C,D). Kısa stamenli genotipler, çiçek örtüsünün içinde buldukları için tozlayıcı işlevi göstermezler. Orta boy ve özellikle uzun stamenli çeşitler ise tozlama açısından önemli bir rol oynar (Müftüoğlu ve Mert, 2022).



Şekil 1. Kestane erkek çiçekli ve karışık eşeyli püsküllerin görünümü.



Şekil 2. Kestane erkek çiçek yapıları. A: astamine (stamensiz), B: kısa stamenli (brachistamine), C: orta boy stamenli (mezostamine) C:uzun stamenli (longistamine)

Dişi çiçekler genellikle üçlü gruplar halinde kümelenir ve bu kümeler, brakte yapraklarından oluşan bir kapsül ile çevrilidir. Kapsül, büyüdükçe

dikenli yapılar oluşturur ve bu yapılar “kirpi” veya “yumak” olarak adlandırılır (Yumak = Kapsül = Kupula = Kirpi = Top). Her dişi çiçekte 6 ila 9 karpel bulunur ve her karpelde iki tohum taslağı yer alır. Kestane çiçeklenme genelde haziran ayı içinde meydana gelir (Soylu, 2004).

Kestaneler, eşeyssel uyumsuzluk, erkek ile dişi çiçeklerin farklı zamanlarda olgunlaşması ve erkek organ kısırılığı nedeniyle yabancı tozlaşmaya ihtiyaç duyar. Bu durum, kestane bahçelerinde etkili bir tozlaşma stratejisinin uygulanmasını zorunlu kılar. Bu nedenle, kestane bahçelerinde yeterli sayıda farklı çeşit bulundurmamak önemlidir. Dişi çiçeklerin alıcı hale geldiği dönemde, uyumlu erkek çiçeklerin aynı anda polen salması gerekmektedir (Soylu, 2004; Müftüoğlu ve Mert, 2022).

Bitki fenolojisi, bitkilerin yaşam döngüsünde gerçekleşen mevsimsel olayların, örneğin tomurcuk patlaması, çiçeklenme, meyve verme ve yaprak dökümünün zamanlamasını inceleyen bir alandır. Hem doğal ekosistemlerde hem de tarım sistemlerinde temel bir rol oynar (Stucky ve ark., 2018). Bitki fenolojisi, iklim değişkenlerinden etkilendiği için, bitkilerin büyüme ve dölleme süreçlerini de doğrudan etkiler. Bitki fenolojisi, ekim, gübreleme, sulama ve hasat gibi tarımsal işlemlerin planlanmasında (Chmielewski, 2003) ve ıslah programlarının yönetilmesinde (Meier ve ark., 2009) önemli bir araçtır.

Bu çalışmada, kestane çiçeklenme süreci ve meyve olgunlaşma aşamaları detaylı bir şekilde gözlemlenmiş ve kapsamlı veriler sunulmuştur. Bu gözlemler, erkek ve dişi çiçeklerin gelişimi, çiçeklenme zamanlaması, dölleme süreçleri ve meyve olgunlaşma evreleri gibi kritik fenolojik olayları kapsamaktadır. Çalışma, kestane bitkisinin gelişim aşamalarının detaylı bir şekilde izlenmesine olanak tanımaktadır. Elde edilen bulgular, kestane ıslah programlarının daha verimli bir şekilde yönetilmesine katkı sağlayacak ve bitkilerin hastalık ve zararlılarla mücadelesini optimize etmede, gübreleme, sulama ve hasat gibi tarımsal işlemlerin daha doğru ve zamanında planlanmasına önemli faydalar sağlayacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü tarafından kurulan Bursa Cumalıkızık'taki kestane koleksiyon bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Kestane bahçesinde, Mart ayından itibaren tomurcukların kabarmasından önce fenolojik gözlemler yapılmaya başlanmış ve Ekim ayına kadar, yani yaprak dökümüne kadar devam etmiştir. Tomurcuk, yaprak gelişimi, çiçeklenme süreci, meyve gelişim süreci, meyve olgunlaşması ve yaprak dökümü gibi aşamalar gözlemlenmiştir. Bu süreçte önemli fenolojik gelişim aşamaları kaydedilmiş ve görsellerle desteklenmiştir. Kayıtlar ve görseller aracılığıyla, gelişimin kronolojik sırasına göre belirgin aşamalar açıklanmış ve sunulmuştur.

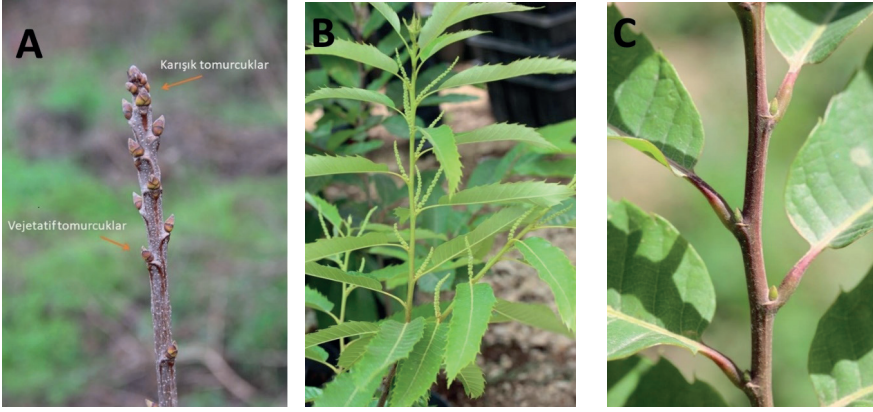
3. Bulgular

Kestanenin (*Castanea sativa*) büyüme döngüsü, ilkbahardaki tomurcuk kabarmasından sonbahardaki yaprak dökülmesine kadar uzanan bir dizi gelişim aşamasını kapsamaktadır. Bu süreç, tomurcukların dinlenme döneminde kalmasıyla başlar ve ardından tomurcuk patlaması, yapraklanma, erkek ve dişi çiçeklerin oluşumu, çiçeklenme, meyve tutumu, meyve olgunlaşması, yaprakların sararması ve dökülmesi gibi aşamalarla devam eder. Gelecekteki araştırmalara zemin hazırlamak amacıyla, özellikle çiçeklenme dönemindeki belirli gelişim aşamalarının daha net bir şekilde tanımlanabilmesi için çiçek dizisinin özel olarak incelenmesi önemlidir. Bu kapsamda, kestanenin fenolojik gelişim süreci ayrıntılı bir şekilde ele alınmış ve açıklanmıştır. Fenolojik gelişim, bitkilerin yıl boyunca geçirdiği evreleri (örneğin, tomurcuklanma, çiçeklenme, meyve olgunlaşması) ve bu evrelerin çevresel koşullara nasıl tepki verdiğini inceleyen bir bilim dalıdır. Kestane ağacının fenolojik gelişim aşamaları, ana başlıklar altında aşağıda detaylandırılmıştır.

3.1. Vejetatif ve Karışık Tomurcuklar

Dinlenme halindeki yıllık sürgünde karışık tomurcuklar: Kestanenin yıllık sürgünlerinde hem vejetatif hem de karışık (vejetatif/çiçek) tomurcuklar yer alır (Şekil 3A). Vejetasyon döneminde bu tomurcuklardan yeni sürgünler geliştirecektir. *Castanea sativa* türünde sürgünün uç ve uç altı tomurcuğu karışık bir yapı gösterirken; *Castanea crenata*, *Castanea mollissima* ve bu türlerin melezlerinde sürgünün orta ve uç altı tomurcukları karışık yapıdadır (Bounus ve ark., 1992). Karışık tomurcuklar, çiçekli sürgünleri oluşturur. Bu tomurcuklar, hem generatif (çiçek) hem de vejetatif (yaprak) yapıların gelişimini sağlayan özelliklere sahiptir (Şekil 3 B).

Vejetatif tomurcuklar: Bu tomurcuklar, vejetatif eksenlerin ilk gelişim hücrelerini (primordiyalarını) barındırır ve bu sayede sürgünler ile yaprakların oluşumunu sağlar (Şekil 3C).



Şekil 3. A: *Vejetatif ve karışık tomurcuklar içeren kestane sürgünü.* B: *Çiçekli sürgün.* C: *Vejetatif sürgün.*

3.2. Tomurcuk Patlaması ve Yapraklanma

Kestane ağaçları, ilkbaharda yaprak büyümesine genellikle geç başlar. Yetiştirilen çeşide ve bölgeye bağlı olarak, yapraklanma Mart ayı sonundan Nisan ayı sonuna kadar herhangi bir zamanda başlayabilir. Yapraklanmadan meyve olgunlaşmasına kadar geçen süre genellikle 140 ile 185 gün arasında değişir. Dinlenmeden çıkan tomurcuklarda gözlemlenen fenolojik gelişim aşamaları aşağıda sunulmuştur (Şekil 4A-F).

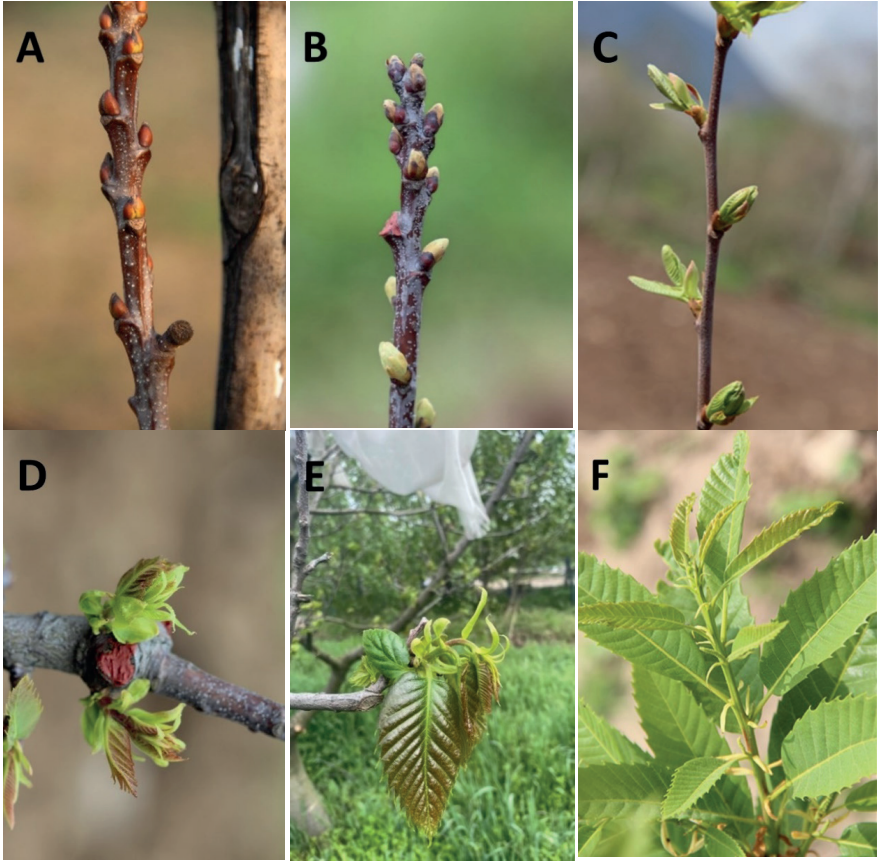
Tomurcuk Patlaması: Tomurcuklar şişerek birkaç gün içinde tomurcuk pullarının açılmasına neden olur (Şekil 4B).

Tomurcuk Pullarının Açılması ve Sürgünün Görünmesi: Tomurcuk pulları açılır ve sürgün, yeşil rengini göstererek dışa doğru gelişmeye başlar (Şekil 4C,D).

Yaprakların Görünmesi: Genç yapraklar belirginleşir ve birbirinden ayırt edilebilir hale gelir (Şekil 4D).

Yaprakların Açılması: Yapraklar açılarak belirgin bir şekil alır (Şekil 4E).

Yaprakların Yeni Sürgün Üzerinde Dağılımı: Yapraklar, hızla dökülen lineer stipüllerle birlikte açılır. Genellikle elips şeklinde olan yapraklar, yuvarlak ve uzun bir tabana sahiptir. Kenarları destere dişli olup, ortalama yaprak uzunluğu 12-20 cm, genişliği ise 3-7 cm arasındadır. Yaprak damarları belirgindir. Yaprakların üst yüzeyi koyu yeşil, alt yüzeyi ise daha açık yeşil renkte olur (Şekil 4F).



Şekil 4. *Kestanede tomurcuk patlaması yapraklanma. A: Dinlenme halindeki tomurcuk. B: Tomurcuk patlaması. C: Süren tomurcuk. D,E: Genç yaprakların görünümü. F: Yeni sürgün ve yapraklar.*

3.3. Erkek Çiçeklerin Gelişimi

Erkek çiçek püsküllerinin gelişimi, dişi çiçeklerin bulunduğu karışık eşeyli püsküllerden farklıdır. Erkek çiçekler, karışık eşeyli püsküllerin gelişiminden önce ortaya çıkar. Çiçek farklılaşması, tomurcuklarda bir dizi anatomik ve morfolojik değişikliği gerektiren karmaşık bir süreçtir ve bu süreç genellikle uzun bir süre alır. Erkek çiçeklerin gelişim aşaması altta sunulmuştur.

Yaprak Koltuklarında Erkek Püsküllerin Görünümü: Karışık tomurcukların gelişmesiyle birlikte yaprak koltuklarında erkek püskülleri, ortaya çıkar ve sürgün gelişimiyle paralel olarak şekillenir. Erkek çiçeklerin oluşumu, sürgünlerin erken gelişim aşamasında başlar (Şekil 5A,B).

Püskül Üzerinde Erkek Çiçek Kümeleri: Püskül üzerinde, 6-7 erkek çiçek bir araya gelerek erkek çiçek kümeleri oluşturur. Her erkek çiçek ise 6 parçalı tepal tarafından çevrenmiştir. Püskülün gelişimiyle birlikte, erkek çiçeklerin sayısı ve kümelerinin düzeni daha belirginleşir (Şekil 5C). Püskül uzunluğu, tür ve çeşitlere göre 10-40 cm arasında değişebilir.

Püsküllerde İlk Çiçeklenme: Püsküllerdeki ilk çiçeklenme aşamasında, erkek çiçeklerde stamenler (erkek organlar) görülmeye başlar (Şekil 5D). Erkek çiçekler, altı parçalı bir periant ile 8-12 stamen içerir. Erkek çiçekler, stamenlerin varlığı ve anter filamentlerinin uzunluğuna göre dört gruba ayrılır: stamensiz, kısa stamenli, orta stamenli ve uzun stamenli.

Tam Çiçeklenme: Tam çiçeklenme, püsküllerdeki erkek çiçeklerin en az %50'sinin açtığı dönem olarak tanımlanır. Bu süreçte anterlerden polen salınımı etkin bir şekilde gerçekleşir. (Şekil 5E,F).

Püsküllerde Sararma: Erkek çiçeklerde polen salınımı tamamlandığında, çiçeklerde sararma süreci başlar. Erkek çiçeklerin en az %50'sinin sarardığı dönem, püsküllerin sararma aşamasıdır. Bu aşama, polen üretiminin sona erdiğini ve çiçeklerin yaşlanmaya başladığını gösterir (Şekil 5G, H).

Çiçeklenmenin Tamamlanması: Erkek püsküllerin en az %50'sinin dökülmesi, çiçeklenme sürecinin sona erdiğini işaret eder. Bu dönemde, erkek çiçekler polen üretimini tamamlamış olup, püsküller zamanla kuruyarak dökülmeye başlar (Şekil 5I).

3.4. Karışık Eşeyli Püskül Gelişimi

Gelişen sürgünün uç kısmında karışık eşeyli püsküler oluşur. Bu püsküllerin taban kısmında 1 ile 3 yada daha fazla sayıda dişi çiçek meydana gelir (Şekil 6A). Dişi çiçekler genellikle üçlü gruplar halinde, dikenli bir örtü içinde birleşir. Karışık eşeyli püskülün tabanında dişi çiçek gelişirken püsküldeki erkek çiçeklerde gelişimini tamamlar (Şekil 6E).

3.5. Dişi Çiçeklerin Gelişimi

Dişi Çiçeklerin Görünümü: Bu dönem, karışık eşeyli püsküllerin tabanında dişi çiçeklerin oluşum sürecinin başladığı zamandır. Dişi çiçekler, henüz tam olarak olgunlaşmamış ve gelişmekte olan bir yapıdadır (Şekil 6A).

Stillerin Gelişimi: Dişi çiçeklerde stillerin gelişmeye başladığı bu aşamada, yeni oluşan stiller belirginleşir. Dişi çiçeklerde genellikle 7 ila 9 stil bulunur. Bu stiller, çiçeğin pistil kısmını oluşturan önemli bir bileşendir ve döllenme sürecinde kritik bir rol oynar (Şekil 6B).

Stillerin Uzama Süreci: Dişi çiçeklerin gelişimiyle birlikte stiller uzamaya başlar. Bu süreç sonunda stiller, 4 mm ile 6 mm arasında bir uzun-

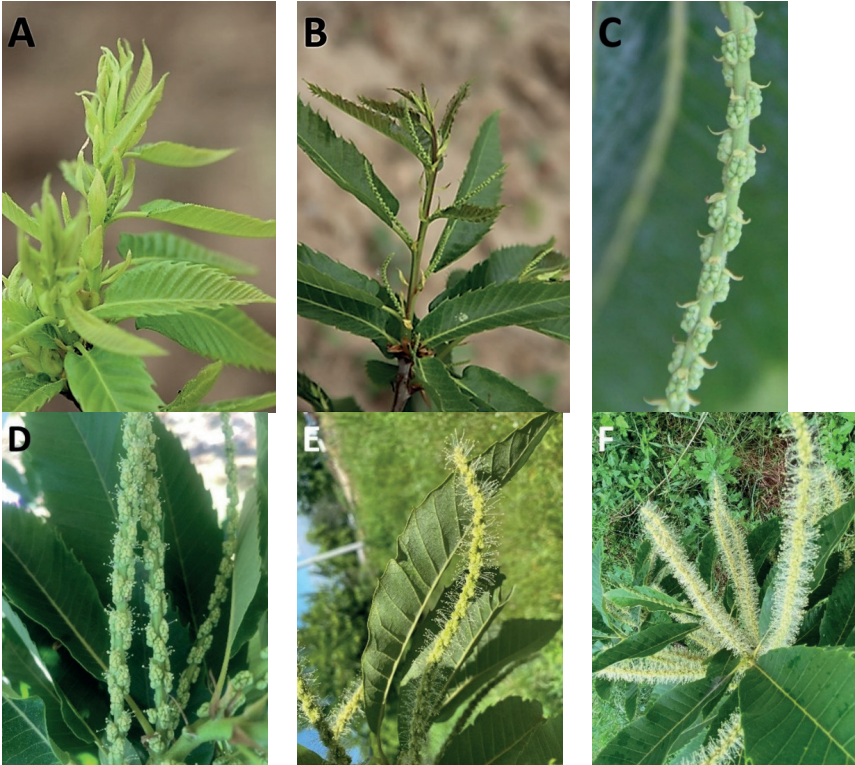
luğa ulaşır. Stillerin uzaması, çiçeğin döllenmeye hazırlanması ve polenle etkileşime girmesi için gereklidir (Şekil 6B). Melezleme çalışmaları planlandığında, bu gelişim aşamasının dikkatle izlenmesi ve dişi çiçeklerin bu dönemde keselenmesi gerekmektedir.

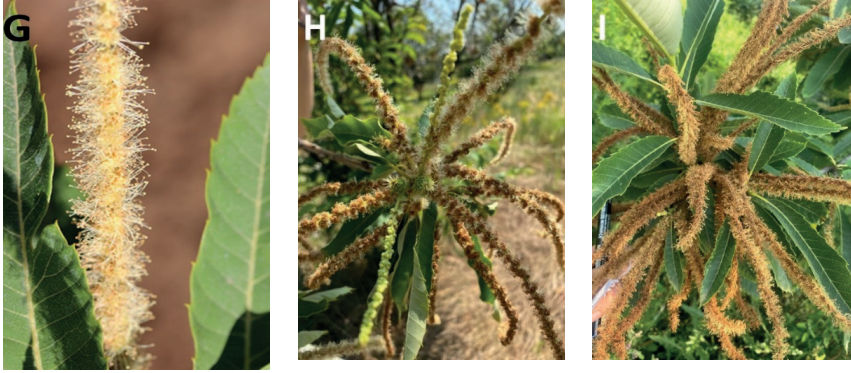
Stillerin Vazo Şeklini Alması: Stiller, açıldıkça vazo şeklini almaya başlar. Bu morfolojik değişim, çiçeğin olgunlaşma sürecinin bir parçasıdır ve stillerin fonksiyonel olarak döllenmeye uygun hale gelmesini sağlar (Şekil 6C).

Tam Çiçeklenme (Reseptif): Bu dönemde, stiller çiçek eksenine ve yanlara doğru açılır ve stil uçları açık krem rengini alır. Bu, çiçeğin döllenmeye tamamen hazır olduğu, polen kabul etmeye başladığı aşamadır (Şekil 6D).

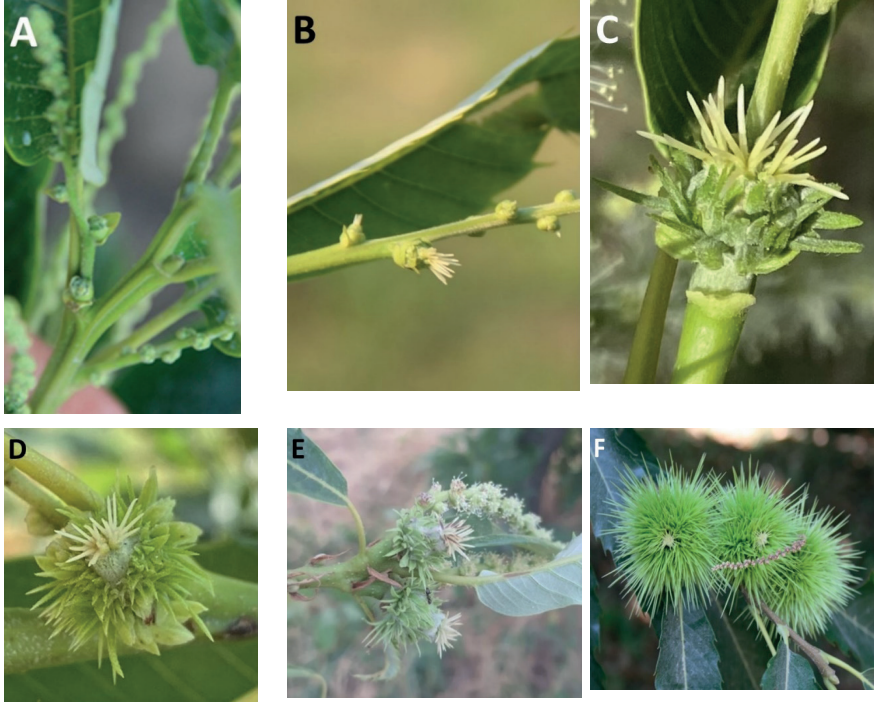
Dişi Çiçeklerin Reseptif Döneminin Sonu: Dişi çiçeklerin çiçeklenme süreci üç ila dört hafta sürebilir. Bu sürenin sonunda stiller kahverengiye döner ve eğer döllenme gerçekleşmişse, tohum taslakları büyümeye başlar (Şekil 6D,E).

Karışık Eşeyli Püskülün Dökülmesi: Karışık eşeyli püskülün erkek kısmı, dişi çiçeklerin reseptif dönemi sonunda kurur, ancak dikenli yumak gelişimi boyunca yerinde kalabilir (Şekil 6F).





Şekil 5. A, B: Yaprak koltuklarında püsküllerin görünümü. C: Püskül üzerinde erkek çiçek kümeleri. D: Püsküllerde ilk stamen görünümü. E, F: Püsküllerde tam çiçeklenme. G, H: Püsküllerde sararma. I: Kararan püsküller.



Şekil 6. A: Karışık eşeyli püsküllerin tabanında dişi çiçeklerin görünümü. B: Dişi çiçekte ilk stillerin ve uzayan stillerin görünümü. C: Vazo şeklini almış stillerin görünümü. D: Reseptif dişi çiçek. E: Stillerde kahverengileşme. F: Dikenli yumak gelişimi.

3.6. Meyve Gelişimi

Dikenli Yumakların Büyümesi: Döllenmiş dişi çiçek grupları, hızla dikenli yumak haline dönüşmeye başlar (Şekil 6F). Dikenli yumaklar Temmuz ayından Eylül/Ekim ayına kadar düzenli bir şekilde büyür ve maksimum boyutlarına ulaşır (Şekil 7A).

3.7. Olgunlaşma ve Meyve Dökülmesi

Dikenli Yumakların Sararması: Kestaneler olgunlaştıkça, dikenli yumakların rengi yeşilden sarımsı kahverengiye doğru değişir (Şekil 7A). Bu süreçten sonra, dikenli yumakların uç kısmı açılarak kestane meyveleri görünür hale gelir (Şekil 7B). Bir dikenli yumakta genellikle iki veya üç meyve gelişimi gözlemlenir; ancak nadiren, bir yumakta 5-7 meyve de oluşabilir (Şekil 7C,D). Dikenli yumaklar olgunlaştığında, iki farklı olgunlaşma biçimi gözlemlenebilir. Birincisi, dikenli yumaklar tamamen açılarak kestaneleri yere bırakır. Diğer bir olgunlaşma biçimi ise dikenli yumakların kestaneleriyle birlikte ağaçtan düşmesidir. Bu iki olgunlaşma şekli, kestanelerin hasat edilme yöntemlerini ve toplanma sürecini etkiler.

3.8. Yaprak Sararması ve Dökülmesi

Yaprakların Sararması ve Dökülmesi: Kestane ağacı, Ekim ayının sonları ile Kasım ayının ortaları arasında bir dinlenme dönemine geçer. Bu süreçte yapraklar sararır ve dökülmeye başlar (Şekil 8). Böylece ağaçlar dinlenme evresine girmiş olur.





Şekil 7. A: Olgunlaşmış dikenli yumaklar. B: Uç kısmı açılmış dikenli yumak. C: Dikenli yumakta üçlü meyve oluşumu. D: Dikenli yumakta yedi meyve oluşumu.



Şekil 8. Yaprakların sararması.

4. Sonuç

Bu çalışma, kestane (*Castanea sativa*) bitkisinin fenolojik gelişim aşamalarını detaylı bir şekilde açıklayarak, kestane yetiştiriciliği ve araştırmaları için önemli bir kaynak sunmaktadır. Kestanenin yıllık gelişim döngüsünde yer alan önemli evrelerin tanımlanması, özellikle tozlayıcı çeşitlerin seçiminde büyük önem taşımaktadır. Fenolojik evrelerin net bir şekilde belirlenmesi, araştırmacıların gözlemlerini daha tutarlı ve karşılaştırılabilir hale getirir.

Bu çalışmanın verileri kestanenin tomurcuklanma, çiçeklenme ve meyve olgunlaşma gibi önemli gelişim aşamalarını daha iyi anlamamıza olanak sağlamaktadır. Bu anlayış, gelecekteki kestane yetiştiriciliği uygulamalarında verimliliği artırmak, hastalıklarla mücadele etmek ve daha sağlıklı bitki populasyonları oluşturmak için kullanabilecek bilgiler sunmaktadır. Genel olarak, elde edilen bulgular, kestane üretimi ve yetiştiriciliği konusunda daha bilinçli ve etkili uygulamaların geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

Kaynaklar

- Bounous, G., Craddock, J.H., Peano, C., & Salarin, P. (1992). Phenology of blooming and fruiting habits in Euro-Japanese hybrid chestnut. *IN: Proceedings of the International Chestnut Conference*, Morgantown, WV, 117-128 pp.
- Chmielewski, FM. (2003). Phenology and Agriculture. In: Schwartz, M.D. (eds) *Phenology: An Integrative Environmental Science. Tasks for Vegetation Science*, vol 39. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0632-3_31
- FAO (2024). FAOSTAT veri tabanı. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M., Lancashire, P.D., Schnock, U., Stauß, R., van den Boom, T., Weber, E., & Zwerger, P. (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. *Journal fur Kulturpflanzen*, 61, 41–52.
- Mert, C., ve Poyraz Engin, S. (2018). Kestanenin Fizyokimyasal Özellikleri ve Potansiyel Kullanım Alanları. In IVPE yayınları (Ed.), *Ziraat Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar* (s. 35-42).
- Müftüoğlu, B., Mert, C. (2022). Bazı kestane çeşitlerinin erkek çiçek yapıları üzerinde araştırmalar. *Bahçe*, 51(2), 109-115.
- Pereira-Lorenzo, S., Ballester, A., Corredoira, E., Vieitez, A.M., Agnanostakis, S., Costa, R., Bounous, G., Botta, R., Beccaro, G.L., Kubisiak, T.L., Conedera, M., Krebs, P., Yamamoto, T., Sawamura, Y., Takada, N., Gomes-Laranjo, J. & Ramos-Cabrer, A.M. (2012). Chestnut. p. 729–769. In: Badenes, M.L. and D.H. Byrne (eds.). *Fruit breeding. Springer*, New York, NY
- Soylu, A. and Ayfer, M. (1993). Floral biology and fruit set of some chestnut cultivars (*Castanea sativa* Mill.). *Int. Congress on Chestnut*, Spoleto (Italy), p.125-130
- Soylu, A. (2004). Kestane yetiştiriciliği ve özellikleri (Genişletilmiş II. Baskı). *HASAD Yayıncılık Ltd. Şti.*, 64 s. İstanbul.
- Stucky, B. J., Guralnick, R., Deck, J., Denny, E. G., Bolmgren, K., & Walls, R. (2018). The Plant Phenology Ontology: A New Informatics Resource for Large-Scale Integration of Plant Phenology Data. *Frontiers in plant science*, 9, 517. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00517>
- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/>

”

BÖLÜM 8

TUZ STRESİ ÇALIŞMALARINDA DOKU KÜLTÜRÜ YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI

*Damla TURAN BÜYÜKDİNÇ¹,
Şebnem KUŞVURAN²*

1 Araş. Gör. Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Pazar-Rize, Türkiye damla.turan@erdogan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-2776-1008

2 Prof. Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu skusvuran@gmail.com Orcid ID: 0000-0002-1270-6962

1. GİRİŞ

Dünya genelinde tuzluluk, kurak ve yarı kurak alanlarda fizyolojik, moleküler ve biyokimyasal reaksiyonlara zarar vererek bitki gelişimini ve verimini etkileyen başlıca abiyotik streslerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Gebauer ve ark., 2004; Ali ve ark., 2022). Toprak tuzluluğu yaklaşık bir milyar hektardan fazla alanda görülmektedir (Singh, 2022). Artan nüfusla birlikte tuzluluk, tarımsal üretimi tehlikeye atarak besin ürünlerinin üretimini kısıtlayan önemli stres faktörü haline gelmiştir (Botella vd., 2005). Tarım faaliyetlerindeki kalitesiz sulama suyu, gübre ve böcek ilaçlarının aşırı kullanımı (Abbas ve ark., 2019; Etesami ve Glick, 2020) gibi etmenler de topraklardaki tuz miktarının artışı teşvik ederek, toprağın verimliliğini ve kalitesini azaltmaktadır (Hernández-Canseco ve ark., 2022). Tuzluluk, bitkilerin büyümesini ve gelişimini, dolayısıyla verimini olumsuz yönde etkileyen temel kısıtlayıcı faktörlerden biridir. Toprakta bulunan kalsiyum, magnezyum, klor ve sülfat seviyelerinin değişimlerine bağlı olarak ortaya çıkabilir. Özellikle sodyum ve sodyum karbonat tuzlarının neden olduğu alkalın hidroliz bu duruma yol açmaktadır (Torun, 2023). Bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler olayları etkilemekte ve buna bağlı olarak bitkiler, sınırlı çevresel koşullara adapte olmayı sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirebilmektedirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde kaliteli su kaynağının kısıtlı oluşu, bitkisel üretim için tuzlu sulama suyunun kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Sürdürülebilir bir tarımsal üretim için tuza toleransı yüksek bitki tür ve çeşitlerinin belirlenmesi kaçınılmaz olmaktadır (Bekheet et al. 2006). Bitkilerde tuza tolerans özelliğinin çoklu genlerin etkisi altında olması, geleneksel yöntemlerle tuza tolerant çeşitlerin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır (Foolad and Lin 1997).

Tuz stresi iyon dengesini ve osmotik dengeyi bozarak bitkilerin büyüme ve gelişimini engellemektedir. Tuz stresi, osmotik stres, iyonik stres, su eksikliği ve beslenme dengesizliği gibi birincil streslere neden olurken, oksidatif stres bu birincil streslerin bir sonucu olarak ortaya çıkar ve aynı zamanda ikincil bir stres faktörü olarak değerlendirilmektedir (Gong, 2021). Kullanılabilir su miktarının azalması ile birlikte hücre genişlemesi azalırken, sürgün gelişimi de yavaşlamaktadır. Artan tuz stresi sonucu bitkilerde su alımı ciddi şekilde azalma göstermektedir. Bu da hücre içi ve arası su seviyesini etkilediği gibi stomal aktiviteyi de azaltarak hücre genişlemesini engellemektedir. Tuz stresi altında gelişen iyonik ve osmotik dengesizlik bitkide büyüme ve gelişme düzenini de bozmaktadır (Ahmad vd. 2019, Göçer vd. 2021).

Bitki doku kültürü teknikleri, küçük alanlarda çok sayıda hücrenin kültüre alınması avantajını sunarken; aynı zamanda bitkilerde genetik

transformasyon ve seleksiyon şansı da verir. Doku kültürü, stres çalışmalarında en önemli kullanım alanlarından birini tarama (screening) ve seçim (seleksiyon) uygulamalarında bulur. Geleneksel yöntemlerle, bitkiler yetiştirilerek özellikle fide aşamasında stres uygulamaları yapılmak suretiyle en yüksek toleransı gösteren genotiplerin belirlenmesi mümkün olsa da, bu yöntemler zaman alıcı olmakla birlikte büyük miktarda bitkisel materyal gerektirir ve geleneksel ıslah programlarında genetik çeşitlilik eksiklikleri gibi sınırlamalar mevcuttur. Doku kültürü tekniklerinin kullanımı, bu olumsuzlukları ortadan kaldırmakla kalmaz, aynı zamanda her türlü çevresel faktörün ve beslenme farklılıklarının engellendiği, tamamen kontrollü bir ortamda çalışmayı mümkün kılar (Kantoğlu ve ark., 2021) Hem biyotik hem de abiyotik streslere tolerant bitkiler, tuz toleransı için NaCl, kuraklık toleransı için PEG veya mannitol gibi seçici ajanlar uygulanarak elde edilebilir (Errabii ve ark. 2008). Tuz stresine karşı tolerans sergileyen hücreler için *in vitro* birçok seleksiyon çalışması bildirilmiştir (Kuşvuran, vd., 2007, Baysal Furtuna vd., 2019). Kültürdeki hücreler ve dokular, tuz toleranslı bitkilerin seçiminde ve tuzluluk toleransının fizyolojik ve biyokimyasal temellerinin incelenmesinde son derece yararlı olmaktadır (Chen et al. 1980; Umiel et al. 1980; Niknam et al. 2004, Benderradji et al. 2012).

2. Tuz Stresi ve Etkileri

Bitki büyüme ve gelişmesini, dolayısıyla verimi olumsuz etkileyen en önemli sınırlayıcı faktörlerin başında yer alan tuzluluk farklı biçimlerde ortaya çıkmaktadır. Tuzluluk, topraktaki kalsiyum, magnezyum, klor ve sülfat gibi çözünür nötr tuzların bitki büyümesini olumsuz etkileyecek düzeyde bulunması nedeniyle ortaya çıkabileceği gibi, sodyum ve özellikle sodyum karbonat tuzlarının alkalın hidroliz oluşturması sonucu da meydana gelebilir. Bu durum, bitkiler üzerinde stres oluşturur ve büyüme üzerinde olumsuz etkiler yaratır (Parihar *et al.* 2015).

Tuz stresinin ortaya koyduğu zararlanmanın en önemli nedenlerinden biri iyon regülasyonunda meydana gelen değişimlerdir. Kök bölgesinde artan tuz birikimi K^+ , Ca^{+2} ve NO_3^- gibi temel element ve minerallerin alımını kısıtlamakla beraber, Na^+ ve Cl^- alımını indükleyerek hücre iyon dengesini olumsuz etkilemektedir. Zararlı iyonların toksik seviyede birikmesi, fotosentezi ve protein sentezini etkiler, enzimleri inaktive eder, kloroplastlara ve diğer organellere zarar verir. Sodyum (Na^+) toksik seviyelere ulaştığında, K^+ , Ca^{+2} , ve Mg^{+2} katyonlarının bitki bünyesine alımını ve regülasyonunu da etkilerken, Cl^- anyonu toksik seviyelere ulaştığında NO_3^- anyonunun alımını ve regülasyonu etkilenmektedir (Atalan ve Gökçe 2021). İyon dengesinin durumu, tuz stresi koşulları altında bitkinin sağ kalması için kritik bulunmuştur. Bu tür koşullara hücrel yanıt; Sodyum (Na) iyonlarının hücreden uzaklaştırılması ile vakuolde Na birikimi şeklinde olmaktadır. Sodyum toksisitesine adaptasyon ile birlikte, bitkiler, önemli bir besin

elementi olan potasyumu (K) almak için bir mekanizma geliştirmekte, Na alımı sınırlandırılarak, K iyon konsantrasyonu korunmaktadır (Rodríguez-Navarro 2000; Kuşvuran ve ark., 2021).

Doğal olarak tuzlu olan topraklar, dünyanın birçok yerinde bitkisel üretimi engellemektedir. Tuzluluk, su Emilimi, azot asimilasyonu ve proteini biyosentezi gibi önemli biyokimyasal işlemleri etkileyerek bitki gelişimini olumsuz etkiler (Dubey 1994). Tuzluluğa maruz kalan bitki hücreleri oksidatif stres nedeniyle hasar görürler (Queiros et al. 2007). Toprak tuzluluğundaki artış toprakta su alımını sağlayan ozmotik potansiyel miktarını azaltır ve dolayısıyla bitkilerde su kıtlığına yol açar. Bu da bitki metabolitlerinin çalışmasını etkiler. Na ve Cl iyonlarının artışı besin elementi Emilimini azaltır ve bitkiler üzerinde toksisite oluşturur (Tester and Devenport 2003; Karimia et al. 2009). Tuz stresi nedeniyle bitki gelişimdeki azalma, elektron taşınması gibi fotosentetik aktivitelerde azalma ile de ilişkilidir (Hao ve ark., 2021). Tuz stresi, fotosentezi ve solunumu inhibe ederek metabolik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Jiang ve ark., 2021). Tuz stresinin fotosentez üzerindeki etkileri doğrudan (stomaların difüzyon hareketini kısıtlamak ve fotosentetik metabolizma sürecini değiştirmek gibi) olabileceği gibi birden fazla stresin neden olduğu oksidatif stres nedeniyle de gerçekleşebilmektedir (Chaves ve ark., 2009). Fotosentetik aparatın tahribi ve fotosentetik pigmentin bozunmasıyla, fotokimyasal verimlilik azalmakta ve nihayetinde bitki büyüme ve gelişmesi olumsuz etkilenmektedir (Jiang ve ark., 2019). Tuza toleransın sağlanmasında etkili olan bir diğer mekanizma ozmatik düzenlemedir. Ozmotik stres altında ozmotik ayarlama, stoplazma ve organellerinde çeşitli çözünebilir maddeler biriktirilmesi, bu maddelerin biyolojik makromoleküllerin yapısını stabilize ederek koruyucu rol oynaması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu bileşikler, enzimler üzerinde olumlu etkiler sağlamanın yanı sıra, membran bütünlüğünü koruyarak stres altındaki bitkilerde ozmotik dengenin korunmasına yardımcı olurlar (Hao ve ark., 2021). Çeşitli araştırmalar, glisinbetain ve prolin gibi organik maddelerin sentezi ile stres toleransı arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Çözünebilir karbonhidratlar ve polioller de ozmotik düzenleyiciler olarak değerlendirilmektedir. Yapısal olmayan karbonhidratlar (glikoz, sakaroz, fruktan, nişasta vb. gibi) bitki metabolizmasında yer alan önemli maddelerdir. Özellikle sakaroz üretimi, taşınması, depolanması ve tüketimi bitki gelişimi ve strese toleransın sağlanması ile yakından ilişkilidir (Hao ve ark., 2021). Ayrıca, absisik asit (ABA) birikimindeki artış, serbest sitoplazmik Ca düzeyini artırmaktadır (Taylor et al. 2000; Alsaedi ve ark. 2018). ABA ve tuz stresinin indükleyicileri olduğu bir CA-bağlayıcı protein için rd20 gen kodlaması üzerine yapılan çalışmalar, tuz stresi, ABA birikimi ve sinyalin yol açabileceği yollar arasında bir ilişki kurmaktadır (Borsani et al. 2003).

Tuz stresinden olumsuz etkilenen hücresel süreçlerin ve gen ekspresyonunun tanınması, tuz tolerans mekanizmalarının belirlenmesinde etkili olmaktadır. Tuz stresine karşı düzenlenmiş genler, tolerans sırasında önemli bir rol oynadığından, bu tür genlerin incelenmesi ve karakterizasyonu, bitkilerde tuza toleransın sağlanmasında yer alan karmaşık mekanizmaların net bir şekilde anlaşılması için oldukça önemlidir (Hasegawa et al. 2000). Oksidatif stres, çevresel stresin doğrudan etkilerinden veya dolaylı bir şekilde hücreye zarar veren reaktif oksijen türlerinin (ROS-Reactive Oxygen Species) oluşumu ve birikiminden kaynaklanır. Bitkiler stres faktörlerinin olumsuz etkilerinden korunmak için oldukça kompleks stratejiler geliştirmiş olmalarına karşın, eğer stres faktörleri nedeniyle oluşan ROS miktarı bitki içi savunma mekanizmalarının müdahale edeceği düzeyden daha fazlaysa ‘oksidatif stres’ ortaya çıkmaktadır. ROS ve türevleri; kloroplastlar, peroksizomlar, mitokondri ve plazma zarı gibi farklı hücresel bölmelerde üretilmektedirler. ROS düzeyinde artış meydana geldikçe bu maddeler reaktif duruma geçerek çok çeşitli hücresel, fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonları etkilemekte, plazma zarının bozulması, lipid peroksidasyonu, protein denatürasyonu (yapısının bozulması) ile DNA, RNA, enzimler ve pigmentlerin yok edilmesi gibi olumsuzlukları beraberinde getirmektedir (Kuşvuran, 2021). Bitkiler, reaktif oksijen türevlerinin toksisitesine karşı koymak ve oksidatif stresin neden olduğu zararlanma ile başa çıkmak için enzimatik antioksidan mekanizmalarına ve enzimatik olmayan savunma sistemlerine sahiptir. Antioksidan maddeler, oksidatif stres ile ilgili süreçlere müdahale ederek oksidatif zararı önleyebilmektedir. Antioksidanlar, oksidasyon oranını azaltarak oksidasyon süresini yavaşça artıran maddeler olarak değerlendirilmekte ve serbest radikallerin bir temizleyicisi olarak hareket etmektedirler. Antioksidan savunma sistemi, yaygın olarak bilinen bazı enzimatik olmayan antioksidanlar olan askorbat (AsA), glutatyon (GSH), karotenoidler, tokoferoller, flavonoidler ile askorbat peroksidaz (APX), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR), glutatyonredüktaz (GR), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPX), glutatyon S-transferaz (GST) gibi enzimatik antioksidanlardan oluşmaktadır (Sachdev ve ark., 2021; Kuşvuran, 2021).

3. Tuz Stresi ve Tolerans Mekanizması Çalışmalarında *In Vitro* Yöntemlerin Kullanımı

Bitkisel üretimde verim ve kalite, tuzluluk, kuraklık, su baskını, sıcaklık, don ve mineral toksisitesi gibi başlıca abiyotik stres faktörleri tarafından sınırlanmaktadır. Doku kültürü tekniği, seçilen genotiplerin değerlendirilmesi ve bitki dokularının kontrollü koşullarda sağlıklı, hızlı bir gelişim göstermesi amacıyla kullanılır. Bu yöntem, bitkilerin yüksek ya da düşük sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, hastalık ve zararlılar gibi biyotik ve abiyotik

stres faktörlerine karşı dayanıklılığının belirlenmesinde oldukça etkilidir. *In vitro* ortamda gerçekleştirilen stres çalışmaları, geleneksel yöntemlere alternatif olarak bitkilerin stres koşullarına verdikleri tepkileri incelemede önemli bir araç olarak öne çıkar. Özellikle varyasyon içeren yerel materyaller arasında aranan dayanıklılık özelliklerini tespit etmek için yapılan tarama (screening) çalışmalarında büyük bir avantaj sağlamaktadır (Rai ve ark., 2011; Kantoğlu ve ark., 2021).

Çeşitli tuz konsantrasyonlarının, soğan doku kültürlerinin gelişimi ve kimyasal bileşimi üzerine etkisi ve ardından tuz toleransı *in vitro* seçimi Bekheet ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada araştırılmıştır. *Nicotiana tabacum*'un tuz toleranslı hatları, Rout ve arkadaşları (2008) tarafından *in vitro* olarak geliştirilmiştir. Shanthi ve ark. (2010) *in vitro* koşullar altında tuz tolerat pirinç genotiplerinin (Pokkali, CSR 10, TRY 1 ve TRY 2) performansını incelemek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Baktemur (2023), yazlık kabakta (*Cucurbita pepo* L.) farklı konsantrasyonlarda (0, 50, 100, 150, 200, 250 mM) NaCl içeren bir besin ortamının kabağın *in vitro* koşullarda gelişimine etkisini araştırmıştır. NaCl konsantrasyonu arttıkça bağıl su içeriği azalmış ve en düşük bağıl su içeriği 250 mM KF (%61,68) ortamında bulunmuştur. Çalışma sonucunda, tuz miktarı arttıkça kabak bitkisinin gelişiminin azaldığı görülmüştür.

In vitro koşullarda tuza tolerat bitki hatlarının belirlenmesi de tuza tolerans çalışmalarında kullanılan bir yöntemdir. Patlıcanda tuza tolerans bakımından genotipler düzeyinde farklılıkların bulunup bulunmadığının araştırıldığı çalışmada, antioksidant enzim aktiviteleri ile tuza tolerans yeteneği arasında ilişkilerin olup olmadığı hem bitkilerde (*in vivo*), hem de kallus kültüründe (*in vitro*) incelenmiştir. 38 adet farklı patlıcan genotipi, tuza tolerans bakımından sınıflandırmaya tabi tutulmuş, tuza dayanıklı ve hassas olan beş adet patlıcan genotipi antioksidant enzim aktiviteleri açısından değerlendirilmiştir. Araştırmada hem su kültüründe yetiştirilen bitkiler kullanılmış hem de *in vitro* kallus tekniği yürütülmüştür. Ancak, yabani türde kallus elde edilememiştir. Dört genotip için de kontrolde ve tuz stresi koşullarında üretilen kalluslarda bulunan CAT, SOD, APX ve GR enzimlerinin aktiviteleri belirlenmiştir. Sonuçta, tuza tolerans üzerinde antioksidant enzim aktivitelerinin çok etkili olduğu; tuzlu şartlarda yaşamını sürdüren patlıcan genotiplerinin duyarlı genotiplere göre antioksidatif enzim sistemlerini kesinlikle çok daha aktif bir biçimde kullandıkları tespit edilmiştir. Kallus dokularında belirlenen enzim aktiviteleri, bitki örnekleri ile paralel neticelere ulaşmıştır. Buna göre kallus kültürlerinin tuza tolerans derecesinin belirlenmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Yaşar 2003). Kuşvuran ve ark. (2012), kavunlarda tuzluluk stresine yönelik yaptıkları fizyolojik çalışmada, dört farklı kavun genotipinin tuz stresine verdikleri tepkileri kallus gelişimi ve enzim aktiviteleri açısından değerlendirmiştir.

100 mM NaCl uygulaması kallus gelişimini olumsuz etkilemiş ve özellikle hassas genotiplerde doku kararmalarına yol açmıştır. Tuz toleransı yüksek olan Midyat ve Şemame genotiplerinde SOD ve CAT enzim aktivitelerindeki artış dikkat çekici bulunmuş, bu durum kavunlarda stres koşullarında enzimatik savunma mekanizmasının önemli bir koruma sağladığını göstermiştir.

Doku kültürü teknikleri, abiyotik streslere tolerans mekanizmalarının kontrollü ortamlarda incelenmesine olanak tanır. Bu teknikler sayesinde tuzluluk, kuraklık, düşük sıcaklık veya yüksek pH gibi stres faktörleri, diğer tüm çevresel etkilerden bağımsız ve eşit koşullarda test edilebilir. Ayrıca, dışsal kimyasal ya da fiziksel uygulamaların bitkilerin stres tepkilerini nasıl değiştirdiği net bir biçimde gözlemlenebilir. Bu durum, stres toleransının fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalarının aydınlatılmasında önemli bir kolaylık sağlar. Bununla birlikte doku kültürü teknikleri, fizyolojik analizlere katkıda bulunarak elde edilen sonuçların tarımsal uygulamalara aktarılmasını desteklemektedir. Bitkilerin stres faktörlerine verdiği tepkilerin, türler ve tür içi genotipik varyasyonlara bağlı olarak değiştiği bilindiğinden, tolerans mekanizmaları ile bu mekanizmaları harekete geçiren dış uygulamalar ilgi çekici bir araştırma alanı haline gelmiştir. Baysal Furtana ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada, in vitro koşullarda çimlendirilmiş 4 haftalık biber fidelerinden elde edilen hipokotil eksplantlarından kallus dokuları oluşturulmuştur. Bu dokular, 48 saat boyunca 100 μM H_2O_2 , 100 μM SNP (nitrik oksit donörü) ve bunların 150 mM NaCl ile kombinasyonları kullanılarak incelenmiştir. Tuz stresi altında biber kallus dokusunun antioksidan enzim aktivitelerinde ve hidrojen peroksit içeriklerinde artış gözlenmiştir. H_2O_2 ve NO uygulamalarının, antioksidan enzim aktivitelerini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca hidrojen peroksit ve nitrik oksidin, tek başlarına ya da birlikte uygulandıklarında tuz stresine karşı iyileştirici etkiler gösterdiği ortaya konmuştur. Bir diğer tuz stresi çalışmasında, MS bazal ortamına farklı miktarlarda NaCl tuzu (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 mM) ilave edilerek *Camelina sativa*'nın in vitro koşullarda tuzluluk stresine dayanma kabiliyeti araştırılmıştır. Stres altındaki bitkilerde bitki boyu, nispi su içeriği ve bitki su içeriğinin azaldığı görülmüştür. Guaiacol peroksidaz aktivitesi ve malondialdehid (MDA) gibi diğer stres göstergeleri de kontrole göre artış göstermiştir. 200 mM'nin altındaki tuz konsantrasyonlarında, gelişmede çok fazla gerileme görülmemiştir (Khalid vd. 2015). H_2O_2 ön uygulamasının tuzlu ortamlarda kültüre alınan iki patlıcan genotipinin (tuza duyarlı Artvin ve tuza toleranslı Mardin) kallus dokuları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, in vitro ortamda çimlendirilen 4 haftalık patlıcan fidelerinden alınan hipokotil eksplantlarından kalluslar elde edilmiştir. Bu kalluslar, kontrol, 150 mM NaCl, 50 veya 100 μM H_2O_2 içeren ortamlara, ayrıca bazıları 48 saat boyunca 50

veya 100 μM H_2O_2 ile ön tedavi edilerek 150 mM NaCl içeren ortamlara aktarılmış ve 24 saat süreyle inkübe edilmiştir. Sonuçlar, yaş ağırlık, K ve Ca miktarlarının tuz uygulanan gruplarda önemli ölçüde azaldığını, ancak H_2O_2 ön uygulamalarının tuzun olumsuz etkisini azalttığını göstermektedir. Tuz uygulaması, her iki genotipte de Na^+ miktarını artırırken, H_2O_2 ön uygulamaları Na^+ seviyesini azaltarak hücrelerdeki K/Na oranını yükseltmiştir. Tuzluluk, membran geçirgenliğini, MDA ve içsel H_2O_2 seviyelerini artırırken, H_2O_2 ön uygulamaları bu olumsuz etkileri hafifletmiştir. Ayrıca, H_2O_2 ön tedavileri, prolin miktarını ve SOD ile CAT enzim aktivitelerini artırarak antioksidan savunmayı güçlendirmiştir. H_2O_2 'nin tuz stresine karşı iyileştirici etkileri, tuza duyarlı genotipte daha belirgin olmuştur ve bu etkilerin konsantrasyon ve genotipe bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir (Yaşarkan, 2018).

Embriyo kültürü, olgun veya olgunlaşmamış embriyoların izole edilerek *in vitro* koşullarda büyütülmesi ya da korunması şeklinde tanımlanabilir. Kültür ortamında bulunan sakkaroz gibi karbonhidratlar, embriyonun gelişimini desteklerken aynı zamanda ortamın ozmotik basıncını dengelemeye yardımcı olmaktadır. Embriyo gelişiminin incelemesi, embriyo gelişimi için gerekli olan fitohormonlar, besin maddeleri ve çevre koşullarının incelenmesi için de kullanılan bir yöntemdir (Kayın ve Turan, 2023). Talhouni ve ark. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tuza toleranslı Mardin Kızıltepe patlıcanı ile tuza duyarlı Kemer patlıcan çeşidine ait 30 günlük embriyolar, 10-100 μM jasmonik asit (JA) ve bunların 100 mM NaCl ile kombinasyonlarını içeren besin ortamlarına ekilmiştir. Bir grup embriyo, birkaç gün boyunca JA içeren ortamda geliştirilmiş ve ardından tuzlu ortamlara aktarılmıştır. Çalışmada, kullanılan JA dozlarının nanomolar seviyesine düşürülmesinin gerektiği ve sinyal molekülü olarak görev yapan bu maddenin ön uygulamalarla kullanılarak tuz stresinin olumsuz etkilerinin hafifletilebileceği sonucuna varılmıştır.

4. *In Vitro* Tekniklerin Hücre Düzeyinde Seleksiyon İslahında Kullanımı

Doku kültürlerinin abiyotik streslere tolerans ıslahında kullanımındaki bir diğer yöntem, somaklonal varyasyondan yararlanarak hücre seviyesinde seleksiyon gerçekleştirmektir. Özellikle kallus ve hücre süspansiyon kültürleri, abiyotik stres koşullarına toleranslı, herbisitlere dayanıklı veya bazı fungal hastalık etmenlerine dirençli çeşitlerin geliştirilmesinde etkili bir teknik olarak kullanılabilir. Bu yöntemde, kallus ya da hücre süspansiyonlarının bulunduğu besin ortamına stres oluşturan maddeler eklenir veya uygun çevresel koşullar sağlanır. Stres altında duyarlı hücreler ölürken, dayanıklılık kazanmış hücrelerin varlığı durumunda bu hücrelerden bitki rejenerasyonu gerçekleştirilebilir (Kantoğlu ve ark., 2021). Patlıcanda kallus kültürünün değerlendirildiği bir çalışmada, tuza tolerant hücre

hatları iki farklı yöntemle elde edilmiştir. Birinci yöntemde, gelişen kallus dokusu sürekli olarak 40, 80, 120 veya 160 mM NaCl içeren bir ortama aktarılmıştır. İkinci yöntemde ise kallus dokusu, her 30 günde bir adım adım artan tuz konsantrasyonlarına maruz bırakılarak 160 mM NaCl'ye kadar ulaşılmıştır. İkinci yöntemle seçilen kalluslar, büyüme, yeşilimsi renk ve nekrotik bölgelerin olmaması gibi özellikler göstermiştir. NaCl toleranslı kalluslar tekrar tuzsuz bir ortama aktarıldığında, kontrol hatlarına oranla büyüme ve oransal su içeriğinde azalma gözlenmiştir. Bu durum özellikle 120 mM NaCl toleranslı kalluslarda daha belirginleşmiş, lipid peroksidaz aktivitesi, özellikle 40 ve 80 mM NaCl toleranslı kalluslarda artmış ancak 120 mM toleranslı kalluslarda daha fazla artmamıştır. Askorbik asit içeriğinde ise, 80 ve 120 mM NaCl toleranslı kalluslarda bir artış gözlenmiş; 40 mM NaCl toleranslı hatlarda ise kontrolün iki katı kadar askorbik asit içeriği bulunmuştur. Tüm NaCl toleranslı hatlar, kontrol bitkilerine kıyasla süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) aktivitelerinde önemli ölçüde artış göstermiştir 20 mM NaCl'ye kadar dayanıklılık gösteren kallus hatlarından bitki rejenerasyonu sağlanmıştır. *In vitro* ortamda test edilen 32 bitkiden, daha fazla yaprak sayısına ve uzun kök uzunluğuna sahip olan on bitki, tarla koşullarında değerlendirilmek üzere seçilmiştir. Bu bitkilerin yüksek tuz toleransına sahip bitkilerde daha yüksek yaş ve kuru ağırlık, yaprak oransal su içeriği, meyve sayısı ve ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, somaklonal varyasyonun, tuza dayanıklı mutantların geliştirilmesinde etkili bir şekilde kullanılabileceğini ifade edilmiştir (Hannachi ve ark., 2021). Şeker kamışında, *in vitro* koşullarda sıcaklık stresine toleran olan somaklonlar, tuz stresine toelrans düzeyleri bakımından değerlendirmelerde bulunan Begum ve Islam (2015), *in vitro* bitkilerin rejenerasyonu için tuz içeren MS ortamını kullanmışlardır. Seçilen somaklonlar, ilk ve ikinci yıl değerlendirmelerinden geçirilmiş ve ilk yılın sonunda daha iyi performans gösteren somaklonlar, farklı tuz seviyeleri (50 mM, 100 mM ve 150 mM) kullanılarak tuz stres koşullarında tekrar değerlendirilmiştir. Ayrıca, seçilen somaklonlardan R2 neslinden toplanan setts ile moleküler karakterizasyonlar yapılmıştır. En yüksek tuz seviyesi olan 150 mM'de Isd 35 ve Isd 37 çeşitlerinde kallus oluşumu belirlenmiş, tuz stresi altında en iyi performans gösteren Isd 28 SC3, Isd 35 SC3 ve Isd 37 SC2, SC3 somaklonlar ile gerçekleştirilen arazi çalışmasında da morfolojik ve fizyolojik değerlendirmelerde de daha iyi performans sergilemiş ve SSR markeri ile yapılan karakterizasyon sonucunda polimorfik bantlar üretmiştir. *Catharanthus roseus* türünde, abiyotik streslerin kallus kültürlerinde genetik varyasyonlara neden olma etkisini incelemek için gerçekleştirilen çalışmada, Inter Simple Sequence Repeats (ISSR) tekniği kullanılarak 21 primer ile moleküler analiz yapılmıştır. Tohumlar, homonsuz MS besin ortamında çimlendirilmiş; explantlar ise NAA (1 mg L⁻¹) ve BA (2 mg L⁻¹) içeren çoğaltma ortamına aktarılmıştır. Yapraklardan alınan

eksplantlardan, NAA ve Kin içeren 5C01 ortamı kullanılarak kallus geliştirilmiştir. Ardından, kallus, her 30 günde bir daha yüksek seviyelere çıkacak şekilde PEG-6000 ile osmotik stres ve tuz stresi (NaCl) koşullarına maruz bırakılmıştır. Moleküler analiz sonuçları, kullanılan tüm primerlerin (21 primer) çalışılan örnekler arasında %92,16 oranında polimorfizm sunduğunu göstermiş, kümeleme analizi, analiz edilen örnekleri iki ana kümeye ayırmıştır. Birinci küme, osmotik stres altındaki kallusları içerirken, ikinci küme, geri kalan örnekleri içeren iki alt kümeye ayrılmıştır. Çalışma sonucunda, *in vitro* bitkiler ile kalluslar arasında genetik varyasyonlar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca stres altındaki kalluslar (tuz ve osmotik stres) ile stres altında olmayan kalluslar karşılaştırılmış ve kallus kültürlerinin genetik varyasyonlar için önemli bir kaynak olduğu, ISSR tekniğinin ise bu varyasyonları tespit etmede etkili bir araç olduğu belirtilmiştir (Alaakel ve AL-Ammouri, 2023).

Bitki doku kültürü teknikleri, tuz toleranslı bitkilerin geliştirilmesi için umut verici ve uygulanabilir bir yaklaşım sunmaktadır. Somaklonal varyasyon ve *in vitro* mutagenез, tarımsal üretimde kullanılan bitkilerinin iyileştirilebileceği varyasyonlar oluşturmak için önemli bir yer tutmaktadır. Hücre ve doku kültürü teknikleri, tuz tolerant bitkilerin elde edilmesinde hücrelerden mutant hücre hatlarının seçilmesi ve sonrasında bitki rejenerasyonu ile bitki genetik materyalinin (germplazm) tuz toleransı açısından *in vitro* taranması olmak üzere iki *in vitro* kültür yöntemiyle kullanılmaktadır (Arzani, 2008).

Şeker kamışında (*Saccharum officinarum* L.) gama ışını ile indüklenen *in vitro* mutajenez ve tuza (NaCl) tolerant bitkilerin seleksiyonunun araştırıldığı çalışmada. Işınlanmış embriyojenik kalluslar (10-80 Gy) farklı NaCl konsantrasyonlarına maruz bırakılarak *in vitro* seleksiyona tabi tutulmuştur (0, 50, 100, 150, 200, and 250 mmol L⁻¹) (Nikam ve ark., 2015). Somaklonal varyasyonlara neden olan doku kültürü teknikleri, biyolojik mutagenler olarak kullanılmaktadır. Somaklonal varyasyonlardan elde edilen mutasyon frekansı klasik mutagenlerden daha düşük olmasına rağmen, etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Koornneef 2002). Doku kültürü teknikleri ile mutagen uygulamalarının çalışmalarda kombine edilmesi mutasyon etkinliğini önemli seviyede arttırmaktadır. Doku kültürü araştırmalarında büyümeyi düzenleyicilerin kullanılması bitkide genetik stabilizasyonun zarar görmesi gibi sorunlara neden olabilmektedir. Gama radyasyonunun düşük dozları bu durumlara karşı *in vitro* gelişimin uyartımı için kullanılmaktadır. Değişik türlerde yapılan araştırmalarda ışınlama uygulamasının gelişimi arttırmakla birlikte kallus oluşumunu da arttırdığı bildirilmiştir (Charbaji ve Nabulsi 1999). Turan Büyükdinç (2021) tarafından yapılan çalışmada, havuçlarda (*Daucus carota* ssp. sativus var. atropubens Alef ve *D. carota*) kallus ve süspansiyon kültürü teknikleri

kullanılarak gama ışını ile hücre düzeyinde tuza toleranslı hatların seleksiyonu amaçlanmıştır. Optimizasyon aşamalarının ardından, turuncu ve mor havuç kalluslarına çeşitli dozlarda (0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 Gy) gama radyasyonu uygulanarak etkili mutasyon dozu belirlenmiştir. Regresyon analizi ile, turuncu havuçlarda (Nantes) 23.605 Gy'lik doz etkili mutasyon dozu olarak belirlenmişken, mor havuçlarda ise 8.36 Gy'lik doz etkili bulunmuştur. Mor havuçlarla devam edilen çalışmada, 7 Gy, 8 Gy ve 9 Gy gama ışınına maruz bırakılan kalluslar 5 kez alt kültür yapılarak çoğaltılmıştır. Kalluslardan rejenere olan bitkilerin ortalama bitki boyu, kök boyu ve dallanma sayısı parametreleri incelenmiştir. 9 Gy gama ışınına maruz kalan bitkiler, ortalama 27.04 cm bitki boyu ile en yüksek değeri elde ederken, kök boyu 10.56 cm ile yine en yüksek değeri vermiştir. Dallanma sayıları, 8 Gy'de ortalama 10.40, 9 Gy'de 8.96, 7 Gy'de 7.68, kontrol bitkilerinde ise 5.40 olarak ölçülmüştür. *In vitro* koşullardan dış ortam koşullarına aktarılan bitkilere tuz stresi uygulanmış ve 3 gün boyunca (ilk gün 25 mM, ikinci gün 75 mM ve üçüncü gün 100 mM NaCl) sulanmıştır. 14 gün sonra tuzlu ortamda yaşamaya devam eden bitkilerden alınan yaprak örneklerinde, antioksidan enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonunun bir belirteci olan malondialdehit (MDA) miktarında değişiklikler incelenmiştir. Çalışma sonunda, 8-21, 9-19, 7-9, 9-2 ve 9-8 no'lu bitkiler, kontrole göre daha fazla tuza tolerans göstermiş ve bu bitkiler olası mutantlar olarak belirlenmiştir. Turan Büyükdiñç ve ark., (2022) siyah havuçlarda (*Daucus carota* ssp. sativus var. atropubens Alef) kallus dokularında efektif mutasyon dozunu 8 Gy olarak belirlenmesinin ardından NaCl tuzu içeren süspansiyon kültürlerinde kallus bitki rejenerasyonu tuza tolerant bitki seleksiyonu çalışmasını yürütmüşlerdir. Bu şekilde, radyasyona bağlı mutajenezin olduğu anlaşılabilir genetik varyasyonu artırmanın etkili bir yolu olduğu kabul edilebilir. Ancak, *in vitro* mutajenez programlarının başarısı, seçilen özelliklerine göre performanslarını doğrulamak için tarla koşulları altında mutant klonların değerlendirilmesine bağlı olacaktır.

5. Sonuç

Tuz stresi, dünya genelinde tarımsal üretimi olumsuz etkileyen başlıca abiyotik faktörlerden biri olup bitkilerde gelişim, verim ve kalite kayıplarına yol açmaktadır. Doku kültürü yöntemleri, tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde incelemek ve tuza tolerant bitkilerin geliştirilmesine yönelik stratejiler oluşturmak için son derece etkili olanaklar sunmaktadır. *In vitro* ortamda gerçekleştirilen çalışmalar, tuz stresine karşı tolerant genotiplerin belirlenmesi ve bu mekanizmanın kalıtımı üzerine derinlemesine bilgiler elde edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, somaklonal varyasyon ve genetik mühendislik gibi biyoteknolojik yaklaşımlar, tuz stresine tolerant bitkilerin hızla ve etkin bir şekilde üretilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece doku kültürü, ticari

değere sahip bitki çeşitlerinin geliştirilmesini hızlandırarak hem hastalıklara dirençli hem de abiyotik streslere tolerant hatların tespit edilmesini mümkün hale getirmekte, süreçte zaman tasarrufu sağlanırken, gerekli genetik varyasyonun oluşturulmasına da katkıda bulunmaktadır. Doku kültürü teknikleri, stres koşullarına karşı bitkilerin biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler tepkilerini analiz ederek, tarımsal verimliliği artırmaya yönelik potansiyel stratejilerin geliştirilmesine önemli katkılarda bulunmaktadır. Gelecekte, bu tekniklerin daha da iyileştirilmesi ve ticari üretim süreçlerine entegre edilmesi, tuz stresine karşı daha dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanıyacak ve küresel gıda güvenliği için önemli bir adım olacaktır. Bu bağlamda, doku kültürü yöntemlerinin tuz stresi çalışmalarındaki rolü, tarımda sürdürülebilirliği sağlamak adına kritik bir araç olmaya devam edecektir.

KAYNAKLAR

- Abbas R., Rasul S., Aslam K., Baber M., Shahid M., Mubeen F., Naqqash T., Halotolerant (2019). PGPR. hope for cultivation of saline soils. J. King Saud Univ. Sci.; 31, 1195–1201.
- Ahmad, R. Hussain, S. Anjum, M. A. Khalid, M.F. Saqib, M. Zakir, I. Hassan, A. Fahad, S., and Ahmad, S. (2019). Oxidative Stress and Antioxidant Defense Mechanisms in Plants under Salt Stress. In *Plant Abiotic Stress Tolerance*; Hasanuzzaman, S., Hakeem, K.R., Nahar, K., Alharby, H.F., Eds.; Springer Cham, Switzerland, 191-205.
- Alaakel, S., & AL-Ammouri, Y. (2023). Somaclonal Variation in Callus Cultures of Rose Periwinkle, *Catharanthus Roseus* L. Under Induced Salt and Osmotic Stresses. *OBM Genetics*, 7(4), 1-14.
- Ali B., Hafeez A., Javed MA., Afridi MS., Abbasi HA., Qayyum, A., Selim, S. (2022). Role of endophytic bacteria in salinity stress amelioration by physiological and molecular mechanisms of defense: A comprehensive review. *South African Journal of Botany*; 151, 33-46.
- Alsaeedi A., El-Ramady H., Alshaal T., El-Garawani M., Elhawat N., Al-Otaibi A. (2018). Exogenous nanosilica improves germination and growth of cucumber by maintaining K⁺/Na⁺ ratio under elevated Na⁺ stress. *Plant physiology and Biochemistry* 125, 164-171
- Arzani, A. (2008). Improving salinity tolerance in crop plants: a biotechnological view. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 44, 373-383.
- Atalan, İ.K. and Gökçe Öztürk, Z.N. (2021). Tuzluluk Stresi. In: *Sebzelerde Stres Toleransı ve Islah Stratejileri*. Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Daşgan, H.Y., Kuşvuran, Ş. (eds.), Gece Kitaplığı, pp: 157-203, Ankara
- Baktemur, G. (2023). In Vitro koşullarda farklı konsantrasyonlarda sodyum klorür içeren besin ortamlarının kabak (*Cucurbita pepo* L.) bitkisi gelişimine etkisi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 873-882.
- Baysal Furtana, G. Ellialtıoğlu Ş. Ş., and Tıpırdamaz R. (2019). Effects of Hydrogen Peroxide and Nitric Oxide on Antioxidant Enzyme Activities and Inner Hydrogen Peroxide contents of Pepper Callus Tissues under Salt Stress. *Research Journal of Chemistry and Environment*, cilt.23, ss.38-43.
- Begum, M. K., & Islam, M. O. (2015). Selection of salt tolerant somaclones for development of salt stress tolerant varieties. *Plant*, 3(4), 37-46.
- Bekheet SA, Taha HS, Solliman ME (2006) Salt tolerance in tissue culture of onion (*Allium cepa* L.). *Arab J Biotechnol* 9:467–476
- Benderradji L, Brini F, Kellou K, Ykhelf N, Djekoun A, Masmoudi K, Bouzerour H (2012) Callus induction, proliferation, and plantlets regeneration of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under saline and heat stress

conditions. ISRN Agronomy, Article ID 367851.

- Borsani O, Valpuesta V, Botella MA (2003) Review of plant biotechnology and applied genetics developing salt tolerant plants in a new century: a molecular biology approach. *Plant Cell Tiss Org Cult* 73:101–115
- Botella, M. A., Rosado, A., Bressan, R. A., & Hasegawa, P. M. (2005). Plant adaptive responses to salinity stress. *Plant abiotic stress*, 37-70.
- Charbaji, T., & Nabulsi, I. (1999). Effect of low doses of gamma irradiation on in vitro growth of grapevine. *Plant cell, tissue and organ culture*, 57, 129-132.
- Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of botany*, 103(4), 551-560.
- Chen Y, Zahavi E, Berek P, Umiel N (1980) Effect of salinity stresses on tobacco 1. The growth of *Nicotiana tabacum* callus cultures under water, NaCl and Mannitol stress. *Z Pflanzenphysiol* 98:141–143
- Dubey R (1994) Protein synthesis by plants under stressful conditions. In: Mohammed P (ed) Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, New York, pp 277–299
- Errabii T, Gandonou CB, Essalmani H, Abrini J, Idaomar M, Senhaji NS. (2006). Effects of NaCl and mannitol induced stress on sugarcane (*Saccharum* sp.) callus cultures. *Acta Physiol Plant.*;29:95–102. doi: 10.1007/s11738-006-0006-1.
- Etesami H., Glick BR. (2020). Halotolerant plant growth-promoting bacteria: Prospects for alleviating salinity stress in plants. *Environ. Exp. Bot.*; 178, 104124.
- Foolad MR, Lin GY (1997) Genetic potential for salt tolerance during germination in *Lycopersicon* species. *HortScience* 32:296–300
- Gebauer, J., El-Siddig, K., Salih, A. A., & Ebert, G. (2004). *Tamarindus indica* L. seedlings are moderately salt tolerant when exposed to NaCl-induced salinity. *Scientia Horticulturae*, 103(1), 1-8.
- Gong, J., Li, Q., Yu, H., Liu, S., & Kong, L. (2021). First de novo transcriptome assembly of Iwagaki oyster, *Crassostrea nippona*, and comparative evolutionary analysis of salinity-stress response genes in *Crassostrea* oysters. *Marine genomics*, 56, 100805.
- Göçer, H. Yetişir, H. Ulaş, A. Arslan M. Aydın A. (2021). Plant Growth, Ion Accumulation and Essential Oil Content of *Salvia officinalis* Mill. and *S. tomentosa* L. Grown under Different Salt Stress. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* vol.24, no.3, pp.505-514.
- Hannachi, S., Werbrouck, S., Bahrini, I., Abdelgadir, A., Siddiqui, H. A., & Van Labeke, M. C. (2021). Obtaining Salt Stress-Tolerant Eggplant Somaclonal Variants from *In Vitro* Selection. *Plants* 2021, 10, 2539.

- Hao, S., Y. Wang, Y. Yan, Y. Liu, J. Wang and S. Chen, (2021). A review on plant responses to salt stress and their mechanisms of salt resistance. *Horticulturae*, vol. 7, no. 6, Art. no: 132,
- Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, Bohnert HJ (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 51:463–99
- Hernández-Canseco J., Bautista-Cruz A., Sánchez-Mendoza S., Aquino-Bolaños T., Sánchez-Medina PS. (2022). Plant growth-promoting halobacteria and their ability to protect crops from abiotic stress: an eco-friendly alternative for saline soils. *Agronomy*; 12(4): 804.
- Jiang, J. L., Tian, Y., Li, L., Yu, M., Hou, R. P., & Ren, X. M. (2019). H₂S alleviates salinity stress in cucumber by maintaining the Na⁺/K⁺ balance and regulating H₂S metabolism and oxidative stress response. *Frontiers in plant science*, 10: 678.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekci, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi University Journal of Science*, 18(4), 723-740.
- Kantoğlu, K.Y., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2021). Doku kültürü yöntemlerinin stres çalışmalarında kullanımı. *Sebzelerde Stres Toleransı ve Islah Stratejileri*. Editörler: Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Daşgahn, H.Y., Kuşvuran, Ş. Gece Kitaplığı, pp: 708-743, Ankara.
- Karimia E, Abdolzadeha A, Sadeghipour HR (2009) Increasing salt tolerance in Olive, *Olea europaea* L. plants by supplemental potassium nutrition involves changes in ion accumulation and anatomical attributes. *Int J Plant Prod* 3:49–60
- Kayın, N., & Turan, F. (2023). Bitki Doku Kültürünün Biyoteknolojik Olarak Kullanımı. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 4(1), 1-10.
- Khalid, H. Kumari, M. Grover, A., and Nasim, M. (2015). Salinity Stress Tolerance of *Camelina* Investigated In Vitro. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 46 (4): 137– 144
- Koornneef, M. (2002). Classical mutagenesis in higher plants. *Molecular plant biology*, 1, 1-11.
- Kuşvuran, S. (2012). Effects Of Drought And Salt Stresses On Growth, Stomatal Conductance, Leaf Water and Osmoticpotentials of Melon Genotypes (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 7 (5): 775-781.
- Kuşvuran, Ş. (2021). Bitkilerde oksidatif stres ve antioksidan enzimler. *Sebzelerde Stres Toleransı ve Islah Stratejileri*. Editörler: Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Daşgahn, H.Y., Kuşvuran, Ş. Gece Kitaplığı, pp: 361-405, Ankara. (Kitap Bölümü)
- Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, S., Abak, K., Yasar, F., (2007). Responses of Some Melon (*Cucumis* sp.) Genotypes to Salt Stress. *Journal of Agricultural Sciences, Ankara University Faculty of Agriculture*. 13 (4): 395- 404.

- Niknam V, Bagherzadeh M, Ebrahimzadeh H, Sokhansanj A (2004) Effect of NaCl on biomass and contents of sugars, proline and proteins in seedlings and leaf explants of *Nicotiana tabacum* grown in vitro. *Biol Plant* 48:613–615
- Parihar P, Singh S, Singh R, Singh VP, Prasad SM. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environ Sci Pollut Res Int.* Mar;22(6):4056-75. doi: 10.1007/s11356-014-3739-1. Epub 2014 Nov 16. PMID: 25398215.
- Queiros F, Fidalgo F, Santos I, Salema R (2007) In vitro selection of salt tolerant cell lines in *Solanum tuberosum* L. *Biol Plant* 51:728–734
- Rai, M.K., Kalia, R.K., Singha, R., Gangola, M.P., Dhawan, A.K., (2011). Developing stress tolerant plants through in vitro selection an overview of the recent progress. *Environ. Exp. Bot.* 71 (1), 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.021>.
- Rodriguez-Navarro A (2000) Potassium transport in fungi and yeast *Biochem. Biophys Acta* 1469:1–30
- Rout GR, Senapati SK, Panda JJ (2008) Selection of salt tolerant plants of *Nicotiana tabacum* L. through in vitro and its biochemical characterization. *Acta Biol Hung* 59:77–92
- Sachdev, S., Ansari, S. A., Ansari, M. I., Fujita, M. ve Hasanuzzaman, M., (2021). Abiotic stress and reactive oxygen species: generation, signaling, and defense mechanisms, *Antioxidants* (Basel), 10 (2).
- Shanthi P, Jebaraj S, Geetha S (2010) In vitro screening for salt tolerance in Rice (*Oryza sativa*). *Electron J Plant Breed* 1:1208–1212
- Singh A. (2022). Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management.*; 38(1): 39-67
- Talhouni, M., Sönmez, K., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., & Kuşvuran, Ş. (2017). Tuz stresi altında yetiştirilen aşılı patlıcan bitkilerinde bazı bitki ve meyve özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 71-80.
- Taylor IB, Burbidge A, Thompson AJ (2000) Control of abscisic acid synthesis. *J Exp Bot* 51:1563–1574
- Tester M, Devenport R (2003) Na⁺ tolerance Na⁺ transport in higher plants. *Z Annal Bot* 91:503–527
- Torun, G. (2023). Marulda nano silisyum dozları ve uygulama yöntemlerinin tuza toleransın sağlanması üzerindeki etkisi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.
- Turan Büyükdinç, D, (2021). Havuçlarda (*Daucus carota* ssp. sativus var. atrobens Alef ve *D. carota*) kallus ve süspansiyon kültürü teknikleri ile gama ışını kullanarak hücre düzeyinde tuza tolerant hatların seleksiyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi

- Turan Büyükdiñç, D., Kantoğlu, K. Y., Kuşvuran, Ş., İpek, A., Karataş, A., & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2022). Selection of salt tolerant lines at cell level using gamma ray with callus and suspension culture techniques in black carrots (*Daucus carota* L. ssp. sativus var. atrorubens Alef.). *Applied Radiation and Isotopes*, 190, 110523.
- Umiel N, Zahavin E, Chen Y (1980) Effect of salinity stresses on tobacco, 2.Short term kinetics of Na⁺ and K⁺ uptake by callus cultures grown on media containing NaCl. *Pflanzenphysiol* 100:363–367
- Yaşar, F. (2003). Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 139, Van.
- Yaşarkan, O., (2018). İki patlıcan (*Solanum melongena* l.) genotipinin tuza dayanıklılığının hidrojen peroksit ön uygulaması ile in vitro koşullarda araştırılması. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Ankara.

”

BÖLÜM 9

ERZURUM İLİ HUBUBAT EKİM
ALANLARINDA GÖRÜLEN
ÖNEMLİ BİR ZARARLI TÜR:
ANISOPLIA AUSTRICA (EKİN
BAMBULU) (COLEOPTERA:
SCARABAEIDAE: RUTELINAE)

Alper POLAT¹

¹ Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, 12000, Bingöl, Turkey, e-mail: alperpolat25@hotmail.com

Giriş

Hububatlar, Dünya’da en fazla ekim alanına sahip ürün grubu olup, özellikle buğday ve arpa bu grup içinde en önemli kültür bitkilerindedir. Sahip oldukları yüksek adaptasyon kabiliyeti sayesinde hemen her bölgede yetiştirilmelerinin yanı sıra insan beslenmesinde de çok büyük öneme sahip besin kaynaklarıdır. İnsanoğlunun vazgeçilmez gıda kaynaklarını oluşturmaları sebebiyle geçmişte ve günümüzde olduğu gibi, gelecekte de bu bitkiler önemini koruyacaktır (Anonim, 2009).

ABD Tarım Bakanlığı (USDA), Dünya’da Haziran ayında hububat üretimindeki tarımsal arz ve talep raporunda, 2023-2024 üretim sezonunda buğday üretimi için olumlu bir görünüm ortaya koymuştur. Bakanlık, küresel buğday üretim tahminini mayıs ayına göre 11 milyon ton artırarak buğday üretiminin toplamda 800 milyon tonla rekor bir seviyeye ulaşmasını beklemektedir. Aynı dönemde, küresel buğday tüketiminin, Rusya, Çin ve Hindistan’daki yüksek yem ve rezidüel kullanım etkisiyle birlikte 796 milyon tona ulaşmasını öngörmektedir. USDA tarafından açıklanan Haziran ayı raporunda küresel buğday, iri taneli tahıllar ve pirinç üretim miktarlarında artış olacağı tahmin edilmektedir. Mayıs ayı raporunda, küresel buğday rekoltesini 789 milyon ton olarak tahmin ederken, haziran ayında bu miktarı 800 milyon ton olarak güncellemiştir. Küresel buğday arzının 1067 milyon tona ulaşması öngörüsünün altında ise Rusya, Avrupa Birliği (AB), Hindistan ve Ukrayna gibi ülkelerde beklenen üretim artışı yatmaktadır. Rusya’nın üretiminin bahar yağışlarıyla birlikte önceki rapora göre 3,5 milyon tonluk artışla 85 milyon tona ulaşacağını, Hindistan’ın buğday üretim beklentisinin 3,5 milyon tonluk artışla 113 milyon tona ulaşacağını, Avrupa Birliği ülkelerinin buğday üretiminin önceki rapora göre 1,5 milyon tonluk artışla 140 milyona ve Ukrayna’nın üretiminin ise 1 milyonluk artışla 17,5 milyon tona ulaşması ön görülmektedir (Anonim, 2023a).

Uluslararası Buğday Konseyi (IGC) (2024)’nin Dünya’daki küresel toplam tahılların arz ve talebine ilişkin son değerlendirmesinde, üretim tahmininin düşürülmesi ve tüketimin önceki tüketimlerden daha yüksek olması sebebiyle üretim ve tüketim dengesinin azaldığını belirtmiştir. Sezon sonu stokları toplamının, buğday, mısır, arpa ve çavdardaki düşüşlerin esas alınması ile birlikte 576 milyon tonla son on yılın en düşük seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir. Küresel ticaret hacminin ise çeşitli tahıllarda yapılan fiyat dengelemeleri ile birlikte 419 milyon ton seviyelerinde olacağı öngörüsü devam etmektedir. IGC (2024) toplam hububat üretimini 2024-2025 sezonunda yeni bir zirveye ulaşacağı tahmin edilirken, bu yükselişin büyük ölçüde sorgum, yulaf ve arpa üretimlerindeki artıştan kaynaklanacağı düşünülmektedir. Son sezonlarda, özellikle mısırdaki yaşanan büyük dalgalanmaların ardından, ana tahılların genelinde üretimde yıllık mütevazı değişimler beklenirken, tüketimde yeni rekorlar kırılması

ile birlikte, gıda, yem ve endüstriyel alımlarda artış olacağı öngörülmektedir. Azalan arz ve daha yüksek kullanımla birlikte 576 milyon ton ile bir önceki yılın %3 altında tahmin edilen stoklar ile oluşacak ve ihracat stoklarında %5'lik bir düşüşle 135 milyonluk bir düşüş görülecektir. Temel olarak Asya ve Avrupa'daki ithalat ihtiyacının azalması nedeniyle dünya tahıl ticaretinin %8 oranında azalarak 419 milyon tona düşmesi bekleniyor.

Ülkemizde 2021 yılında buğday ekiliş alanları 67.5 milyon dekar olup toplam üretim ise 17.7 milyon ton civarındadır. Buğday ekimi yapılan alanların 55.4 milyon dekarında 14.5 milyon ton ekmeklik buğday, 12 milyon dekarında ise 3.2 milyon ton makarnalık buğday üretimi yapılmıştır. 2020-2021 yılları arasında ülkemizde buğday kullanımı 19 milyon ton dolaylarında olup ekmeklik buğdayda yeterlilik derecesi %89 iken, makarnalık buğdayda ise %260 oranındadır. (Anonim, 2022a).

Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO, 2023) 2023 yılında, Türkiye'de yaklaşık olarak 16.6 milyon hektarlık alanda tahıl ve bitkisel üretim yapıldığını, buğday ekim alanlarının yaklaşık olarak 6.8 milyon ha, arpa üretim alanlarının ise 3.3 bin ha civarında olduğunu belirtmiştir. Hububat üretimi yapılan alanlar içerisinde en fazla buğday üretimi yapılan şehirlerse sırasıyla Konya, Şanlıurfa ve Ankara illeri olmuştur. Türkiye'de buğday ekim alanı bakımından Tekirdağ, Mardin, Diyarbakır, Yozgat, Sivas, Çorum ve Adana illeri ise önde gelen şehirlerimizdir. Tarla bitkileri üretimi içerisinde buğdayın payı %41 oranında iken, arpanın payı %20 oranındadır.

USDA (2023), 2023-2024 yıllarında Türkiye'de buğday ekim alanlarında ve üretiminde artış öngörmektedir. Ekim alanlarının yaklaşık olarak %6 oranında, üretimin ise %13 oranında artması öngörüsü ihracatta beklenen %24 artışı desteklerken, ithalatta ise %17'lik bir artış beklenmektedir. Gıda maddesi olarak ihtiyaç duyulan buğday kullanımının %40 oranında ve yemlik buğday kullanımında beklenen az miktardaki artışla birlikte toplam buğday kullanımının artacağı düşünülmektedir. TEPGE (2023), TÜİK'in ülkemizde 2023-2024 pazarlama yılındaki rakamlarını esas alarak, tahıllarda bir önceki yıla oranla %7.5'lik artış beklendiğini, tahıllar içerisinde %28'lik payı olan buğday üretiminin ise %10.5 oranında artarak, 19.7 milyon tondan, 21.8 milyon tona yükseleceğini ön görmüştür.

Yukarıdaki bilgilerden anlaşıldığı şekliyle, hububat üretim ve ihracatımızda buğday önemli bir yer tutmakta ve ülkemize yüksek düzeyde katkı yapmaktadır. Akova (2005)'ya göre üretim ve ekiliş alanı bakımından serin iklim tahılları sıcak iklim tahıllarından daha büyük önemdedir. Buğdayın, Anadolu'daki geçmişi çok eski olup, özellikle tarımla uğraşan çiftçilerin en önemli geçim kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Buğday üretimi ise tüm ülkeye yayılmış olmakla birlikte Trakya, Orta Anadolu, Çukurova ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri önemli buğday üretim bölgeleridir.

Ülkemizde buğday ekimi genellikle sonbahar aylarında yapılmakta, hasat ise bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte Mayıs ayında başlayarak Ağustos ayına kadar devam etmektedir (Akova, 2005).

Serin iklim tahıllarına bakılacak olursa, ülkemizde toplam tahıl üretiminin yaklaşık % 95'lik bir kısmını oluşturmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde ise tarıma elverişli arazilerin % 80'ini tahıllar (820 bin ha buğday ve 330 bin ha arpa) oluşturmaktadır olup, bu ürünler içerisinde buğday en önde gelmektedir. Buğday ve arpa gibi hububatlar ülkemizde olduğu gibi Doğu Anadolu Bölgesi'nde de en önemli ürünler arasındadır. Tahıl tarımının kolay ve makinaya dayalı olması, bölge yetiştiricilerini çoğunlukla tahıl üretmeye yönlendirmektedir. Telafi yeteneklerinin çok yüksek olması, yetiştirici hataları ve olumsuz koşulları belli oranda tolere edebilmesi, kültür bitkileri içerisinde tahıllara farklı bir yer kazandırmaktadır (Anonim, 2009).

Erzurum'da Hububat Ekiliş Alanları

Erzurum'da 2022 yılı itibarıyla hububat ekiliş alanı 1.398.182 da iken 2023 yılı itibarıyla hububat ekiliş alanı 1.394.221 da olarak gerçekleşmiştir. 2023 yılında hububat üretim alanı 2022 yılına göre 3.961 da azalmıştır. 2023 yılında en fazla hububat ekimi yapılan ilçeler; 1-Horasan 418.180 da, 2-Pasinler 177.033 da, 3-Karayazı 128.023 da, 4-Hınıs 114.255 da, en az hububat ekimi yapılan ilçelerse; 1-Olur 1.211 da, 2-Uzundere 1.306 da, 3-Tortum 1.703 da, 4-Çat 1.874 da şeklindedir. 2022 yılında ise en fazla hububat ekimi yapılan ilçeler; 1-Horasan 396.824 da, 2-Pasinler 161.156 da, 3-Karayazı 134.169 da, 4-Köprüköy 111.213 da şeklinde gerçekleşmiştir (Anonim 2022b, Anonim, 2023b). Erzurum İl Tarım ve Orman Müdürlüğü verilerine göre 2022 ve 2023 yıllarında tarım arazilerinde en fazla ve en az hububat ekimi yapılan ilçeler ve bu alanlara ait bilgiler aşağıdaki Çizelge 1.1. ve Çizelge 1.2.'de belirtilmiştir (Anonim 2022 b, Anonim 2023b).

Çizelge 1.1. Erzurum İlinde En Fazla ve En Az Hububat Ekimi Yapılan İlçeler ve Ekim Alanları (Anonim, 2022b)

Erzurum İlinde Hububat Ekimi Yapılan İlçeler	Hububat Ekim Alanı (da, m ²)
Horasan	396.824
Pasinler	161.156
Karayazı	134.169
Köprüköy	111.213
Hınıs	109.527
Aziziye	90.000
Karaçoban	84.834
Narman	79.120
Şenkaya	68.394

Aşkale	59.992
Yakutiye	28.732
Palandöken	23.825
Tekman	17.101
Oltu	16.798
İspir	4300
Çat	3831
Pazaryolu	3503
Tortum	1954
Uzundere	1616
Olur	1235
Toplam	1.398.182

Çizelge 1.2. Erzurum İlinde En Fazla ve En Az Hububat Ekimi Yapılan İlçeler ve Ekim Alanları (Anonim, 2023b)

Erzurum İlinde Hububat Ekimi Yapılan İlçeler	Hububat Ekim Alanı (da, m ²)
Horasan	418.180
Pasinler	177.033
Karayazı	128.023
Hınıs	114.255
Köprüköy	107.675
Aziziye	93.633
Karaçoban	82.474
Narman	78.852
Aşkale	53.395
Şenkaya	40.945
Yakutiye	28.736
Palandöken	24.618
Tekman	19.168
Oltu	13.105
İspir	4808
Pazaryolu	3219
Çat	1874
Tortum	1703
Uzundere	1306
Olur	1211
Toplam	1.394.221

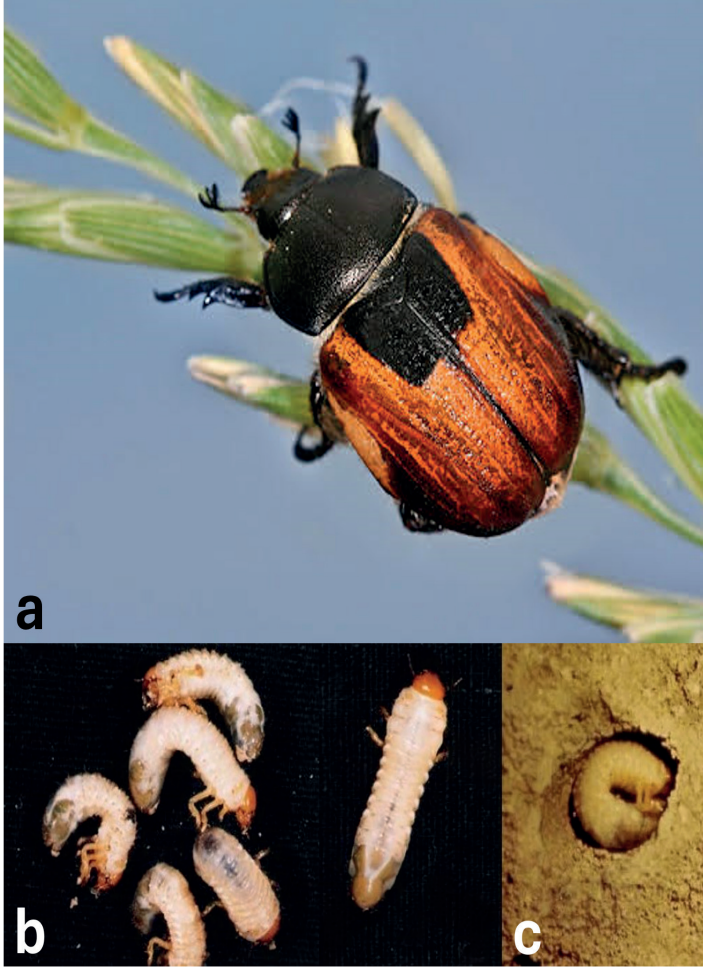
Ülkemizde yetiştirilen hububatlar içerisinde buğday en önemli kültür bitkilerinden biridir. Bütün bitkilerde olduğu gibi hububatların ve özellikle de buğdayın verim ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen bazı zararlılar mevcuttur. Bunlar içerisinde böcekler önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizin önemli hububat ve buğday zararlıları olarak süne, kımıl, ekin kam-bur böcekleri, yaprak bitleri, ekin sap arısı, ekin güvesi ve ekin bambulu bildirilmektedir (Lodos, 1995; Anonim, 2008). Bu literatürlerden de ekin

bambulunun hububat ve özellikle de buğday için önemli bir zararlı olduğu ve gelecekte de buğday alanları için anahtar bir zararlı haline gelebileceği değerlendirilmektedir. Bütün bu sebeplerle birlikte, bu çalışmada saha çalışmaları da dikkati çeken *A. austriaca* türünün Erzurum yöresindeki durumu anlaşılmasına çalışılmıştır.

***Anisoplia austriaca* (Herbst, 1783) (Ekin Bambulu)**

Anisoplia cinsi içerisinde bulunan en büyük türlerden biri olup vücutları orta büyüklükte ve oval yapıdadır. Vücut renkleri, genellikle kahverengi veya kırmızımsı kahverengi; antenleri siyah renkli; clypeus az veya çok üçgen formunda, ileriye doğru uzamış ve ön uç kenarı öne doğru kalkık yapıda, baş ve pronotum ince noktalı ve en belirgin özelliklerinden biri olarak genellikle her iki eşeyde de üst kanatların gövde ile birleştiği birleşme yerinde (periscutellar alan) kare şeklinde siyah renkli bir leke bulunur. Elytra dikdörtgene benzer formda ve abdomeni tam olarak örtmemektedir. Abdomen segmentleri uzun tüylerle kaplı, ilk tarsal segmentin uç kısmındaki tırnak diğer *Anisoplia* türlerine göre çok daha uzun ve sivri, tırnağın orta kısmında diş benzeri bir çıkıntı mevcuttur. Erkek ve dişi bireyler arasındaki fark abdomenin düz, çökük veya oval olması ile anlaşılabilir (Polat, 2016) (Şekil 1a).

Larvaları manas tipinde, başları kahverengi, vücut segmentleri ise beyaz veya kirli beyaz renklidir. Larvaları toprakta tipik olarak “C” şeklinde kıvrık olarak bulunmaktadır (Şekil 1b, 1c).



Şekil 1. *Anisoplia austriaca ergini* (1a) (Anonymous, 2024) ve larvaları (1b, 1c) (Tagem, 2008).

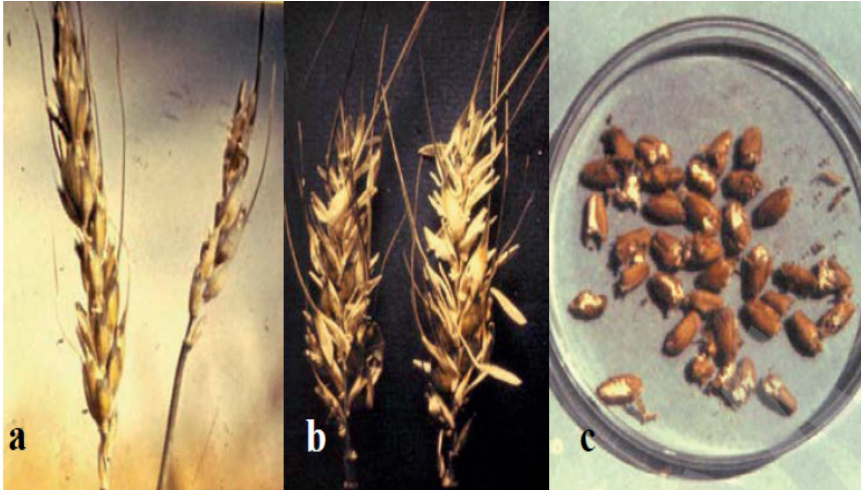
Türkiye’deki Yayılışı: Ankara (Merkez, Ayaş, Polatlı), Afyon (Merkez, Sandıklı, Şuhut), Konya (Merkez, Çumra), İzmir (Menemen) (Baykal, 1963); Türkiye’de yaygın olarak bulunduğunu belirtmiştir (Lodos, 1995); Konya (Rey, 1999; Yüksel vd., 2024), Adana (Pozantı, Saimbeyli), Antalya (Alanya, Gazipaşa), Eskişehir (Mahmudiye, Mihalıççık), Mersin (Gülнар), Gaziantep, Konya (Doğanhisar, Seydişehir), Nevşehir (Hacıbektaş, Gülşehir), Niğde (Çamardı) (Lodos vd., 1999); Niğde (Çamardı, Celaller Köyü, Gümüşler, Kampüs, Pınarbaşı) (Akdoğan, 2006); Bitlis (Güroymak), Van (Gevaş, Özalp, Merkez, Muradiye) (Coşkun, 2012), Erzurum İli’nden ilk defa bildirilmiştir (Polat, 2016).

Dünya'daki Yayılışı: Almanya, Avusturya, Bulgaristan, Çekya, Rusya (Güney ve Orta Avrupa Bölgesi), Yunanistan, Makedonya, Macaristan, Moldova, Romanya, Slovenya, Slovakya, Türkiye, Ukrayna, Sırbistan, Montenegro (Löbl and Smetana, 2016).

Anisoplia austriaca'nın Zarar Şekli ve Ekonomik Önemi

Ergin ve larva beslenmesinde en büyük zararı erginler yapmaktadır. Erginlerin özellikle buğdayların süt olum döneminden başlayarak, sarı olum ve sert olum dönemlerinde tanelerle beslenmesi sonucunda, taneler tohum özelliklerini ve ekmeklik özelliklerini kaybetmektedir. Larvalar ise toprak altında yaşadıkları için tahılların kökleriyle beslenerek zarar yapmaktadır. Ekin bambulu m²'de 3-4 adet ergin olduğunda ekonomik zarar oluşturabilir (Tagem, 2008).

Anisoplia austriaca erginleri, ekinlerin başaklarını yiyerek zarar yaptığı gibi, başaklar üzerinde gezinirken ya da taneleri kavuzlarından çıkarırken düşürme şeklinde de önemli oranda tane dökülmelerine de sebep olurlar. *Anisoplia* erginleri ayrıca taneleri yiyerek zararlı olmakta ve ülkemizde bazı yıllarda çeşitli yörelerde hububata önemli zararlar verdikleri bilinmektedir. Bunun yanı sıra *A. austriaca* ve diğer *Anisoplia* cinsine bağlı diğer türlerin Türkiye'de hububatta sebep olduğu zarar miktarı kesin olarak bilinmemektedir (Lodos, 1995) (Şekil 2a, 2b, 2c).



Şekil 2. Ekin bambulunun başaklardaki (a,b) ve tanelerdeki zararı (c) (Tagem, 2008).

Konukçuları

Van ve Bitlis'te *Hordeum* cinsine bağlı bazı bitkiler ve *Secale cereale* L., bitkilerinden toplanmıştır (Lodos, 1995). Buğday, arpa, yulaf, çavdar,

birçok kültür ve yabani buğdaygil türleri konukçularıdır (Tagem, 2008). Erzurum İli'nden ise Polat (2016) tarafından, *Triticum aestivum vulgare* L., *Secale cereale* L., *Secale montanum* Guss., *Hordeum vulgare* L., *Agropyron repens* L. ve *Agropyron intermedium* (Host) bitkileri üzerinden toplanmıştır.

Doğal Düşmanları ve Etkinlikleri

Türkiye'de *Anisoplia* cinsine bağlı türlerle mücadelede doğal düşman olarak kullanılabilir türlerin varlığı tam olarak tespit edilememiştir (Lodos, 1995; Tagem, 2008). İlkbahar ve sonbaharda tarlalar ekim yapmak için sürüldüğünde toprakta bulunan larva ve pupaların açığa çıkması sonucunda kuşlar tarafından yenildiği bilinmektedir.

A. austriaca (Herbst, 1783) larvalarında *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae)'nin zararlı olduğu, *Tiphia morio*, *T. femorata* (Hym.: Tiphidae) ve *Scolia quadrimaculata* F. (Hym.: Scolidae)'nin larvalarda ektoparazit olduğu ve *Machimus anulipes* (Brulle) (Dip.: Asilidae)'inde ergin predatörü olduğu saptanmıştır (Tagem, 2008).

Anisoplia austriaca ile mücadelede yukarıda belirtilen biyolojik ajanlar (doğal düşmanlar) kullanılarak bu türün zararının kısmen veya tamamen önüne geçilebileceği anlaşılmaktadır. Bundan dolayı bu doğal düşmanlarla ilgili çalışmaların artırılması gerekmektedir.

Mücadelesi

Kültürel Önlemler

A. austriaca mücadelesinde aşağıda belirtilen kültürel önlemlere ağırlık verilmesi zararlı popülasyonunu önemli ölçüde azaltabilecektir.

-Doğru münavebe uygulamaları ile etkili sonuçlar alınabilmektedir. Özellikle larvaların hiç beslenmediği bilinen Umbelliferae ve Leguminales familyalarına bağlı ait bitki türlerine münavebe programlarında yer verilmesi ile başarılı sonuçlar alınabilir.

-Larvaları toprakta yaşadığı için özellikle ilkbahar ve sonbaharda yapılacak derin sürümle larvalar yok edilebilir.

-Erken ekim veya erkenci çeşitlerin seçilmesi ve olgunlaşan ekinlerin erken hasat edilmesi gerekmektedir.

-Sulamanın da larva ve yumurta gelişimini sekteye uğrattığı bilinmektedir.

-Tarlada kalan anızın erken ve derin şekilde sürülmesi, nadasa kalan alanlarda rotasyon yapılması, özellikle hububat tarlalarının ekimden önce iyi hazırlanması gibi kültürel önlemler tarlalardaki larva ve pupa yoğunlu-

ğunu önemli ölçüde azaltacaktır.

Ekin Bambulu için uygulanacak mücadele programlarında de alınabilecek kültürel önlemler, Lodos (1995) ve Tagem (2008)'den yararlanılarak hazırlanmıştır.

Kimyasal Mücadele

Ergin bireylere karşı yüzey ilaçlaması, larvalara karşı ise tohum ilaçlaması yapılabilir (Tagem, 2008).

Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde, daha çok ekonomik açıdan önemli olan Scarabeid türleri üzerinde bazı faunistik-sistematik biyo-ekolojik çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, özellikle araştırmanın yapıldığı bölgede yerli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Bu sebeple bu çalışmada Erzurum yöresinde hakkında çok fazla çalışma olmayan *Anisoplia austriaca* (Herbst, 1783) türüne ait bazı bilgilerin ortaya konulabilmesi ve bu zararlı hakkındaki bilgilerimize yeni katkılar yapılması amaçlanmıştır.

Tarım ilaçlarının çok az kullanıldığı veya hemen hemen hiç kullanılmadığı Erzurum ili böcek faunası bakımından oldukça zengindir. Bu çalışmanın bir başka amacı da, yörede ekim alanı yüksek olan tahılları, zararlılardan koruyabilmek için özellikle de yaygın bir zararlıları durumunda olan *Anisoplia austriaca* (Herbst, 1783) (Coleoptera: Rutelidae)'nın tahıllara olan zararlı etkilerinin ortaya konulması ve bu türe dikkatlerin çekilmesidir.

Polat (2016), Erzurum İli Scarabaeoidea üstfamilyasına ait türler üzerinde yaptığı çalışmada, fitofag türler içerisinde en çok saptanan türler arasında *A. austriaca* (Herbst, 1783)'nin da bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu türün Erzurum'da en fazla bulunduğu ilçe ve lokasyonları şu şekilde belirtmiştir; En fazla bulunduğu ilçeler Aziziye ilçesine ait Ilıca ve Dadaşkent, Yakutiye ilçesine bağlı Merkez, Pasinler ilçesine ait Pusudere, Çöğender ve Merkez, Aşkale ilçesine ait Ortabahçe mahallesidir. *A. austriaca*'nın en az bulunduğu ilçeler ve lokasyonlarsa şu şekildedir; Horasan Karaçuha mahallesi, Narman ilçesine ait Merkez ve Koçkaya mahallesi, Palandöken Merkez ve Börekli mahalleleridir. Yine araştırmacının Erzurum İl ve ilçelerinde yaptığı çalışmalarda *A. austriaca*'ya ait 195 dişi ve 273 erkek birey olmak üzere toplamda 468 adet birey tespit edilmiştir.

Uzun yıllar boyunca Erzurum'da çok geniş alanlarda kimyasal mücadeleye yapılmamış olması sebebiyle potansiyel zararlı olan bu böcekler aleyhinde olan doğal dengenin onların lehine bozulabilecek olması, iklim faktörlerinin lehlerine gelişmesi, bu türü ana zararlı konumuna getirebilecektir. Ayrıca, bu zararlı salgın yapma potansiyeline sahip olduğu için eko-

nomik zarar düzeyinin aşılması ve mücadele maliyetlerinin yükselmemesi için de bu zararlının popülasyonunu düşürecek bazı tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bütün bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde ilerleyen yıllarda daha fazla maliyetin oluşmasına engel olmak için bu türle mücadele olanaklarının araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akdoğan, B., 2006. Niğde İli ve çevresinde yayılış gösteren Scarabaeidae (Coleoptera) familyasının sistematığı. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 67 s.
- Akova, Y., 2005. T.C. Başbakanlık Dış Tic. Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi. 1-5.
- Anonim, 2008. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Buğday Entegre Mücadele Teknik Talimatı, Ankara.
- Anonim, 2009. <http://www.datae.gov.tr>. Hububat Bitkilerinin Genel Özellikleri.
- Anonim, 2022a. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/YATIRIM-CI%20REHBER%20C4%B0/Bu%20C4%9Fday%20May%C4%B1s%20B%C3%BClteni.pdf>
- Anonim, 2022b. Erzurum İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Şube Müdürlüğü Verileri.
- Anonim, 2023a. <https://feedplanetmagazine.com/tr/blog/usda-202324-sezonunda-rekor-bugday-uretimi-bekliyor-3487> (Erişim Tarihi: 19.12.2024)
- Anonim, 2023b. Erzurum İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Şube Müdürlüğü Verileri.
- Anonymous, 2024. <http://www.naturefg.com/pages/c-animals/anisoplia%20austriaca.htm> (Erişim Tarihi: 18.12.2024)
- Baykal, T., 1963. *Anisoplia* (Ekin Bambul'u) türleri, tanınma yaşayış zararı ve savaşı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Sağlığı Bölümü, Mezuniyet Tezi, İzmir.
- Coşkun, G., 2012. Van Gölü havzası Scarabaeidae (Coleoptera) familyası üzerine faunistik ve sistematik araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 348 s.
- IGC, 2024. International Grains Council. https://www.igc.int/en/gmr_summary.aspx (Erişim Tarihi: 12.12.2024).
- Lodos, N., 1995. Türkiye Entomolojisi IV. Genel, Uygulamalı ve Faunistik (II. Basım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.: 493. E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, 1995, Bornova-İzmir, 250 s.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S. ve Aksoy, S., 1999. Faunistic Studies on Scarabaeoidea (Aphodiidae, Cetoniidae, Dynastidae, Geotrupidae, Glaphyridae, Hybosoridae, Melolonthidae, Ochodaeidae, Rutelidae, Scarabaeidae) (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir-Bornova, 64 s.
- Löbl, I. and Smetana, A., 2016. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 3: Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea. Revi-

sed and Updated Edition. Brill, Leiden, Boston. 1011 pp.

- Polat, A., 2016. Erzurum İli Scarabaeoidea (Coleoptera) türleri üzerinde faunistik ve sistematik çalışmalar. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 1-379 pp.
- Rey, A., 1999. Note su alcuni scarabaeoidea floricoli di grecia e Turchia e descrizione di una nuova specie di *Melolontha* (Coleoptera, Scarabaeoidea). Fragmenta Entomologica, Roma, 31(1): 89-116.
- Tagem, 2008. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Ankara. Cilt 1: 1-283.
- TEPGE, 2023. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Durum-Tahmin%20Raporlar%C4%B1/2023%20DurumTahmin%20Raporlar%C4%B1/Bu%C4%9Fday%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202023-384%20TEPGE.pdf> (Erişim Tarihi: 22.11.2024)
- TMO,2023.<https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/istatistikler/tablolalar/1bug-dayeuva.pdf> (Erişim Tarihi: 12.09.2024)
- USDA, 2023. (<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html>” \l “/app/advQuery) (Erişim Tarihi: 17.11.2024)
- Yüksel, E., İmren, M., Canhilal, R (2024). Ekin Bambulu, *Anisoplia austriaca* (Herbst, 1783) (Coleoptera: Scarabaeidae) Mücadelesinde Potansiyel Biyopestisitler: Spinosad ve Entomopatojen Nematodlar. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 7 (1): 12-16.

”

BÖLÜM 10

TARIMSAL DIŞSALLIKLAR: DEVLETİN MÜDAHALE YÖNTEMLERİ VE UYGULAMADA OLAN TARIM POLİTİKALARI

*Sabri Sami TAN¹, Sema Ezgi YÜCEER²,
Sibel TAN³*

1 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü. ORCID: 0000-0001-9739-9369

2 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü. ORCID: 0000-0003-0169-2435

3 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü. ORCID: 0000-0002-4733-5874

1. GİRİŞ

Tüm dünyada ve Türkiye’de artan nüfusun beslenme ihtiyacı ile birlikte daha stratejik hale gelen tarım sektörü doğal faktörlerin etkisine en fazla maruz kalan sektördür. Toprak, su, güneş, hava gibi doğal kaynakları kullanarak üretebilen tarım sektörü bu kaynakları kirleterek ve tüketerek çevre kirliliği üzerinde etken rol oynamaktadır. Diğer taraftan çevresel kirlilikler ve küresel iklim krizi gibi olumsuz faktörler tarımda üretim ve verimlilik seviyesini düşürmekte olup tarım bu olumsuzluklardan edilgen bir şekilde etkilenmektedir. Ekonomideki diğer sektörlerle bakıldığında tarımın hem olumlu hem olumsuz çevresel etkilere sahip olduğunu söylemek mümkündür. Örneğin bir bölgede tarımın gelişmiş olması doğal yaşamı bölgedeki oksijen üretimini ve iklimi olumlu yönde etkilerken, özellikle entansif tarımın yoğun olduğu bölgelerde inorganik nitrat kirliliği, pestisit kirliliği ve tuzluluk problemleri tarımın çevreye verdiği olumsuzluklardır (Karaer ve Gürlük, 2003).

Bir ekonomi içerisinde faaliyette bulunan aktörlerin gerçekleştirmiş oldukları üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda çevrelerinde yarattıkları olumlu ya da olumsuz etkilere dışsallık denilmektedir (Parlakay ve Alpagut, 2016).

Bazı iktisatçılar dışsallık kavramının ilk kez Adam Smith’in Ulusların Zenginliği adlı eserinde ortaya atıldığını öne sürse de konuya ilişkin ilk teorinin Alfred Marshall tarafından Ekonominin Prensipleri adlı eseriyle geliştirildiği genel olarak kabul görmektedir (Aktuğ vd., 2022). Dışsallık, ekonomik karar birimlerinin faaliyetlerinin, diğer ekonomik karar birimlerine fiyatlandırılmayan olumlu veya olumsuz etkilerde bulunması durumudur (Uzer, 2022). Diğer bir ifadeyle, bir mal veya hizmetin üretimi ya da tüketiminin, diğer bireyler üzerinde maliyet (negatif dışsallık) ya da fayda (pozitif dışsallık) yaratması durumunu ifade eder. Bu durum, piyasa aksaklıklarından biri olup, etkinsizliğe yol açabilir, çünkü dışsallıklar çoğu zaman mal ve hizmetlerin fiyatlarına tam olarak yansımaz. Negatif dışsallığa en tipik örnek olarak çevre kirliliği verilebilir. Örneğin, bir sanayi tesisinin göle kimyasal atık dökmesi, göldeki balıkları ve bitkileri öldürerek çevredeki balıkçılar ve çiftçilerin yaşamını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu kirliliğin maliyeti genellikle üretim maliyetlerine dâhil edilmez (Rekabet Kurumu, 2024). Tarımdaki dışsallıklar sadece mevcut nesiller için sosyal maliyetler ve karlar yaratmakla kalmaz. Aynı zamanda gelecek nesillerin refah seviyesini de güçlü bir şekilde etkiler. Dolayısıyla tarımda dışsallıkların parasal olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan yeni geliştirilmiş bir yaklaşımlar çok önemlidir. Parasal değerlendirme süreci, finansal gelirin ötesinde pozitif ve negatif dışsallıklar da dahil olmak üzere tüm maliyet ve faydaların dahil edilmesi ve hesaplanması anlamına gelir (Macháč vd., 2021).

Bu çalışmada tarımsal faaliyetlere bağlı pozitif ve negatif dışsallıklar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Tarıma bağlı ve pozitif dışsallıkları teşvik edecek veya negatif dışsallıkları önleyecek politika ve tedbirler incelenerek, bu konuda politika yapıcı ve karar alıcılara yeni öneriler sunulmuştur.

2. Tarımsal Faaliyetlere Bağlı Dışsallıklar

Dışsallıklarda devlet müdahalesinin gerekliliği, etkilenmelerin nasıl olduğuna bağlıdır. Dışsallığın varlığında, bir ekonomik birimin üretim ve tüketim faaliyeti, bu faaliyetler dışında kalanların refahını piyasa mekanizmasının dışında (fiyatlara yansımaksızın) etkilemesi kaynak dağılımındaki etkinliği olumsuz etkilediği için devlet müdahalesi gerekmekte iken, refah etkilenmelerinin fiyatlara yansiyarak gerçekleşmesi durumunda piyasa etkin olduğu için devlet müdahalesine gerek yoktur (Rosen & Gayer,2008). Diğer bir ifade ile, müdahale gerektiren dışsallığın mevcudiyetinde, bir sosyoekonomik öznenin ekonomik faaliyetlerde bulunması durumunda ortaya çıkan, ancak buna karşılık gelen çevresel maliyetlerin ve sonuçların özne tarafından tamamen üstlenilmediği ve etkinin asıl amacından kaynaklandığı bir tür etkidir (Tian vd., 2020). Dolayısıyla, etkilenmelerin fiyatlara yansımadiği dışsallıkların varlığı piyasa başarısızlığının en önemli nedenlerinden biridir. Bu bağlamda, negatif dışsallıklarda dışarıya yansıyan dışsal maliyetlerin içselleştirilememesinden dolayı fazla kaynak tahsisi, pozitif dışsallıklarda ise dışarıya yayılan dışsal faydaların hesaba katılmamasından dolayı eksik kaynak tahsisi piyasanın başarısızlık nedeni olmaktadır (Tan, 2004).

Dışsallıkların gerçekleştiği alan veya sektörlerden biri de tarım sektörüdür. Bu çerçevede, tarım kaynaklı dışsallıklar bazıları fiyatlara yansiyarak bazıları da fiyatlara yansımadan olumlu ve olumsuz bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bundan sonraki kısımda, pozitif ve negatif dışsallıklar sırasıyla ele alınacaktır

2.1. Pozitif Dışsallıklar

Her ne kadar tarımsal faaliyetler negatif dışsallıklarla ilişkilendirilse de bu faaliyetlerin topluma önemli ölçüde fayda sağlayan pozitif dışsallıklar da üretebileceği unutulmamalıdır. Tüm dışsallıklar olumsuz değildir. Ekonomik faaliyetler doğrudan işletmede yer almayan diğerlerine fayda sağladığında olumlu dışsallıklar ortaya çıkar. Örneğin, açık arazilerin korunması, genellikle mülk değerlerini artırarak yakınlarda yaşayanlara fayda sağlar. Güneş enerjisinin kullanımı, kirlilik seviyelerini azalttığı için toplumsal fayda sağlar. Ya da bir bölgede meyvecilik faaliyetinin artması arıcılığı destekler. Pozitif bir dışsallık olduğunda, bu faydanın artırılması için sübvansiyon gibi araçlarla piyasa müdahalesi yapılması gerektiği ekonomik bir gerekçe oluşturur (Harris ve Roach, 2021). Başka bir örnekle organik maddeyi tüketen veya toprağı erozyona uğratan bir tarım siste-

mi, başkalarının üstlenmek zorunda olduğu maliyetler yaratırken, toprağa karbon hapseden bir sistem, özellikle organik tarım veya yeşil gübreleme gibi yöntemlerle uygulanabilir ve bu durum iklim değişikliğini hafifleterek küresel fayda, aynı zamanda toprak sağlığını artırarak özel fayda yaratır. Benzer şekilde, zararlılarla mücadele için çiftlikteki faydalı yabancı hayatı koruyan biyolojik mücadele sistemi, biyolojik çeşitliliğe katkıda bulunurken, yabancı hayatı yok eden sistemler bu faydayı sağlamaz. Bu tür pozitif dışsallıkların teşvik edilmesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasını gerektirir.

Ancak bu dışsal etkilerin yalnızca birkaçı doğru şekilde ölçülmüş, fayda veya maliyeti hesaplanmıştır. Tarımın karakteristik bir özelliği, pozitif ve negatif dışsallıkların bir arada bulunması ve bu etkilerin toplumun farklı kesimlerine çeşitli şekillerde yansımalarıdır. Pozitif dışsallıklar (faydalar), tarımın çok işlevli ve sürdürülebilir gelişimi ile ilişkilidir. Tarım, gıda üretiminin yanı sıra, doğal çevre üzerinde olumlu etkiler yaratan ticarete konu olmayan mal ve hizmetler gibi başka ürünler de sunar.

2.2. Negatif Dışsallıklar

Tarımdan kaynaklanan negatif dışsallıklar, yani dışsal maliyetler, yanlış tarımsal uygulamaların kullanılması durumunda peyzaj, biyolojik çeşitlilik veya toprak verimliliği gibi doğal kaynakların bozulmasına neden olabilir (Baum ve Sleszynski, 2009). Piyasa ekonomisinde, pozitif dışsallık yaratan mal ve hizmetlerin toplam için gereken düzeyin altında, negatif dışsallık yaratanların ise gereken miktarın üzerinde üretilmesi durumunda etkin kaynak kullanımı, gelir dağılımı ve istikrar hedefleri olumsuz etkilenir. Bu durumda, devletin piyasa mekanizmasına müdahalesiyle veya piyasa ekonomisinin kendi işleyişiyle dışsallıklar içselleştirilmeye çalışılmaktadır (Kesbiç vd., 2010).

Tarım sektöründe negatif dışsallıklar, aşağıda belirtilen beş temel özellik ile tanımlanabilir:

1) Maliyetlerin göz ardı edilmesi: Dışsallıkların maliyetleri genellikle dikkate alınmaz.

2) Zaman gecikmesi: Bu etkiler genellikle zamanla ortaya çıkar.

3) Zarar gören grupların temsil eksikliği: Dışsallıkların zarar verdiği gruplar, çıkarlarını yeterince temsil edemeyebilir.

4) Kaynağın belirsizliği: Dışsallığa neden olan kaynağın kimliği her zaman belirlenemez.

5) Hatalı ekonomik ve politik kararlara yol açma: Dışsallıklar, yanlış ekonomik ve politik kararların alınmasına neden olabilir (Pretty vd., 2001).

3. Tarımsal Dışsallıkların Sınıflandırılması

Çevresel açıdan bakıldığında, tarımın biyolojik çeşitliliği koruyarak ve ekosistemlerin canlılığını destekleyerek olumlu katkılar sunduğu görülür. Ayrıca, su, toprak ve hava kalitesinin iyileştirilmesi gibi etkilerle çevresel istikrarı artırabilir. Örneğin, karbon tutumu ve iklim değişikliğine dayanıklılık gibi faydalar, çevresel dengeye yardımcı olur. Ancak, tarımsal faaliyetlerin yanlış yönetilmesi durumunda toprak erozyonu, biyolojik çeşitlilik kaybı ve su kirliliği gibi ciddi zararlar meydana gelebilir. Kimyasal gübreler ve pestisitlerin yanlış kullanımı, hava ve su kaynaklarına zarar vererek doğal çevrenin kirlenmesine yol açabilir. Tarım sektörü, faaliyetleriyle hem çevresel faydalar hem de maliyetler yaratabilen bir yapıya sahiptir. Dışsallıklar, tarımın toplum ve çevre üzerindeki çok yönlü etkilerini anlamak açısından önemlidir. Tarımda negatif ve pozitif dışsallıkların kültürel, çevresel ve sosyal boyutlarıyla sınıflandırılması Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Kültürel boyutta, tarımsal faaliyetler peyzajın korunmasına, coğrafi kimliğin geliştirilmesine ve kültürel mirasın yaşatılmasına katkı sağlayabilir. Bu durum, estetik değerlerin yanı sıra rekreasyon, turizm ve yerel kültür açısından da olumlu etkiler yaratır. Ancak, yanlış uygulamalar sonucunda tarım, peyzajın bozulmasına, coğrafi kimliğin zarar görmesine ve kültürel mirasın tahrip edilmesine yol açabilir.

Olaya çevresel boyutuyla bakıldığında tarım yarattığı pozitif dışsallıklarla canlı ekosistemleri, biyoçeşitliliği koruyucu, su kalitesi ve suyun erişilebilirliğini sağlayan, toprak kalitesi ve hava kalitesini iyileştiren, istikrarlı iklim oluşumuna katkı sağlayan, yangın ve selleri önleyici rol oynamaktadır. Diğer taraftan tarıma bağlı negatif dışsallıklar bitki ve hayvan popülasyonlarına zarar veren, biyolojik çeşitlilik kaybı, toprak erozyonu, su kirliliği, hava kirliliği, sera gazı emisyonunda artış, doğal alanların tahribatı, kimyasal besin maddeleri ve gübrelerden kaynaklanan çevre kirliliğine neden olur.

Sosyal açıdan ise, tarım kırsal bölgelerde yaşam koşullarını iyileştirir, istihdam yaratır ve gıda güvenliğini sağlar. Bu etkiler, toplumsal refahın artmasına ve kırsal toplulukların sürdürülebilirliğine katkı sağlar. Ancak, kötü tarım uygulamaları veya yetersiz planlama, gıda arzında yetersizlik gibi olumsuz sonuçlara yol açabilir. Ayrıca, tarımsal faaliyetlerin yol açtığı gürültü kirliliği ve insan sağlığına zarar veren uygulamalar, toplum üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (Tablo 1.).

Tablo 1. Tarımsal Dışsallıkların Sınıflandırılması

Kategori	Pozitif Dışsallıklar	Negatif Dışsallıklar
Kültürel	Geliştirilmiş kültürel peyzaj, coğrafi kimlik	Zayıflamış peyzaj
	Mekân duygusu, miras, eğlence, rekreasyon ve turizm	Zarar görmüş coğrafi kimlik
		Tahrip edilmiş kültürel miras
Çevresel	Canlı ekosistemler	Bitki ve hayvan popülasyonlarına zarar
	Biyolojik çeşitlilik ve korunması	Zarar görmüş toprak, biyolojik çeşitlilik kaybı, toprak erozyonu
	Su kalitesi ve suyun erişilebilirliği	Su ve hava kirliliği, sera gazı emisyonları
	Toprak kalitesi, hava kalitesi	Korunan doğal alanların tahribatı
	İklim istikrarı	Kimyasal besin maddeleri ve gübrelerden kaynaklanan kirlenmiş çevre
	Yangına ve sele dayanıklılık	
Sosyal	Kırsal yaşanabilirliğin korunması	Kültürel mirasların tahribi
	Kırsal nüfusun istihdamı	Gıda güvencesizliği
	Gıda güvenliği ve emniyeti	Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sağlık sorunları
	İstikrarlı gelir, kültürel miras	Gürültü kirliliği
	Halkın refahı ve hayvan refahı	

Kaynak: Novikova, 2014.

4. Dışsallıkların Düzenlenmesinde Devletin Müdahale Araçları

Daha önce de bahsedildiği gibi, piyasa başarısızlığına yol açan dışsallıkların varlığı kaynakların etkin olarak dağılmaması sorununu ortaya çıkarmaktadır. Piyasa başarısızlığına yol açan tarımda katkı verdiği dışsallıkların küresel ölçekli olması sorunun ve sorunun çözümünün daha ciddi bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir. Bu çerçevede küresel çevre kirliliğinin tipik örneği olan küresel sınıma neden olan sera gazları emisyonlarının ülkeler itibariyle seviyesi ve sera gazlarına çeşitli sektörlerin ve tarım sektörünün katkısı uygun politika ve stratejilerin belirlenmesi açısından bu durumu teyit etmektedir.

Ülkeler itibariyle sera gazı emisyon seviyeleri incelendiğinde ilk dört ülkenin Amerika, AB-27, Rusya ve Japonya olup bu ülkeler için önemli bir çevresel problemdir. Türkiye Almanya, Kanada ve Avusturalya'dan sonra sekizinci sırada yer almakta olup sera gazı emisyonunun önemli bir problem olduğu ülkeler arasındadır (Tablo 2).

Konuyu Türkiye ve sektörler açısından inceleyecek olursak toplam sera gazı emisyonlarında 2022 yılı itibariyle CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %71,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar almaktadır. Tarım %12,8'lik

payla ikinci sırada, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı %12,5 ile üçüncü sırada, atık sektörü ise %2,9 ile son sırada yer almaktadır. Sera gazı emisyonlarındaki değişim incelendiğinde son 30 yıllık süreçte toplamda %144,9 oranında bir artış meydana gelmiştir. Değişim miktarları sektörler itibarıyla incelendiğinde 30 yıllık süreçte en fazla artış %208,1 oranı ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımında meydana gelmiştir. Diğer taraftan atık yönetiminde %57,7, tarımda ise %37,9 oranında bir artış görülmektedir. Son bir yıllık değişim incelendiğinde toplamda %2,4 oranında bir azalış olup, sırasıyla endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı %6,4, atık sektörü %5,5, tarım sektörü %5,1 ve enerji sektörü ise sera gazı emisyonunda %1,4 oranında azalışın olduğu sektörlerdir (Tablo 3.). Sera gazı emisyon salınımlarının azalması olumlu bir gelişme olup, uluslararası yaptırımların da etkisiyle uygulanan uyum çalışmaları ve politikaların bu azalmaya sebep olduğu söylenebilir.

Tarım sektörünün sera gazı emisyonunu etkileyen faaliyetler itibarıyla konuyu inceleyecek olursak, geniş getiren hayvanların özellikle de sığırların midesinde meydana gelen mikrobiyal fermantasyon sonucu ortaya çıkan metan gazı salınımı (CH_4) olarak adlandırılan enterik fermantasyon en fazla sera gazı emisyonuna neden olmaktadır (%48,5). Enterik fermantasyonu sırasıyla tarım topraklarının yanlış kullanımı (%36,4), üre kullanımı (%1,8), çeltik üretimi (%0,4), anız yakımı (%0,3) gelmektedir. Son otuz yılda tarımsal faaliyetlerde sera gazı emisyonuna en fazla artış çeltik tarımında (%200) meydana gelirken azalış meydana gelen tek tarımsal etki anız yakmadır (%50) (Tablo 4).

Tablo 2. Ülkeler İtibarıyla Sera Gazı Emisyon Seviyeleri 2022 Yılı (CO_2 eşdeğeri)

Ülkeler	CO_2 eşdeğeri (Milyon Ton)
Amerika	5.981,4
AB-27	3.308,9
Rusya	2.051,4
Japonya	1.148,1
Almanya	728,7
Kanada	672,4
Avustralya	558,3
Türkiye	523,9
İngiltere	405,8
Fransa	399,4
İtalya	381,2
İspanya	274,7

Kaynak: (OECD, 2022).

Tablo 3. Türkiye’de Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları (CO₂ eşdeğeri)
(Milyon Ton)

	1990	2000	2010	2020	2021	2022	%	Değişim (%) 1990-2021	Değişim (%) 2021-2022
Enerji	143,1	219,8	290,9	369,5	406,6	400,6	71,8	179,8	-1,4
Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	22,7	26,1	48,6	67,2	74,7	69,9	12,5	208,1	- 6,4
Tarım	51,8	46	47,7	76,4	75,4	71,5	12,8	37,9	-5,1
Atık	10,3	14,5	18,1	17	15,4	16,3	2,9	57,7	-5,5
Toplam Emisyon	227,9	306,4	405,3	530,1	572,1	558,3	100,0	144,9	-2,4

Kaynak: (TUİK, 2024).

Tablo 4. Türkiye’de Tarım Sektörü Sera Gazı Emisyonları (CO₂ eşdeğeri) (Milyon Ton)

	1990	2000	2010	2020	2021	%	Değişim (%) 1990-2021
Enterik Fermantasyon	22,4	19,2	21	34,6	35	48,5	56,3
Gübre yönetimi	5,4	5,1	5,4	9,1	9,1	12,6	68,5
Çeltik tarımı	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	200,0
Tarım toprakları	17,3	16,9	17	27,4	26,3	36,4	52,0
Anız yakımı	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	-50,0
Üre	0,5	0,6	0,6	1,7	1,3	1,8	160,0

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024).

Tablolardan da görüldüğü gibi dünyada ve Türkiye’de tarım sektöründe çözüm veya teşvik bekleyen negatif ve pozitif dışsallıklar mevcuttur. Dolayısıyla devletler üretici, tüketici ve kamu menfaatlerini toplu bir şekilde ele alarak etkin müdahaleler veya politikalar uygulamak zorundadır. Bu düzenlemeler üretici ve tüketici refahını olumlu yönde etkilerken sosyal refahı da göz ardı etmemelidir.

Konuyu devlet müdahalesi ve ağırlıklı olarak piyasa başarısızlığına neden olan tarım kaynaklı dışsallıkların giderilmesine yönelik uygulanabilecek çevre politikası araçları açısından inceleyecek olursak, bu araçları düzenleyici araçlar ve ekonomik araçlar olarak ikiye ayırabiliriz. Düzenle-

yici araçlar standartlar, yasaklar ve yerleşim sınıflandırılması şeklinde sınıflandırılır. Ekonomik araçlar ise vergiler, sübvansiyonlar, kullanıcı harçları, idari harçlar, pazarlanabilir kirletme hakları ve depozit iade sistemi olarak sınıflandırılabilir (Tablo 5.). Tarımın yapısal özellikleri ve uygulamada olan politikalar açısından incelediğinde, politika uygulaması, negatif dışsallıkları başta vergi uygulamaları olmak üzere caydırıcı politikalar ile önlemesi, pozitif dışsallıkları ise sübvansiyonlarla teşvik edilmesi şeklinde olmaktadır.

Tablo 5. Çevre Politikası Araçlarının Sınıflandırılması

Düzenleyici Araçlar	Ekonomik Araçlar
1. Standartlar a. Kalite standartları b. Emisyon standartları c. Ürün standartları d. Teknoloji Standartları	1. Vergiler a. Pigoucu vergiler b. Dolaylı çevre vergileri
2. Yasaklar	2. Sübvansiyonlar a. Pigoucu sübvansiyonlar b. Dolaylı sübvansiyonlar c. Çevreye zararlı sübvansiyonlar
3. Yerleşim sınıflandırması a. Kirletici kaynağa yönelik b. Bireylere yönelik	3. Kullanıcı harçları 4. İdari harçlar (Resimler) 5. Pazarlanabilir kirletme hakları 6. Depozit iade sistemi

Kaynak: (Tan, 2004).

4.1. Vergiler ve Emisyon Ticaret Sistemi

Dışsallıkların yönetiminde, negatif etkilerin azaltılması ve pozitif etkilerin teşvik edilmesi için politika araçlarının doğru bir şekilde uygulanması kritik öneme sahiptir. Negatif dışsallıklara neden olan firma veya bireyler için bir maliyet oluşturmazken, toplumun üstlenmesi gereken bir yük haline gelmektedir. Bu bağlamda Devlet sahip olduğu vergilendirme yetkisini kullanarak, negatif dışsallığa yol açan firma veya bireylerden, oluşan maliyetle orantılı bir düzenleyici vergi tahsil edebilir (Yegen ve Turan, 2021). Vergiler, yalnızca kamu harcamalarının finansmanını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda dışsallıkların yönetiminde önemli bir politika aracı olarak kullanılabilir (Tabar, 2021).

Tarımda pozitif ve negatif dışsallığın varlığı kaynakların etkin olarak dağılmasında problemini ortaya çıkarmaktadır. Negatif dışsallığın varlığında piyasanın optimum üretim miktarından fazla kaynak tahsisi söz ko-

nusuyken, pozitif dışsallık durumunda optimum üretim miktarından daha az kaynak tahsisi söz konusudur. Dolayısıyla etkinsizliğin varlığı devlet müdahalesini zorunlu kılmaktadır (Tan, 2004). Üretim faaliyeti yapan işletmeler çevrede oluşturdukları dışsal maliyetleri genelde görmezden gelirler ve maliyetlerine dahil etmezler. Bu durumda devlet devreye girerek firmalara sorumluluklarını hatırlatacak ve önlemler alması gerekir (Yüksel, 2006). Bu durumda devlet negatif dışsallıklar için sınırlamalar getirebilir, vergiler koyabilir veya mülkiyet haklarını sınırlayabilir. Pozitif dışsallıklar diye tarif ettiğimiz dış faydalar için ise sübvansiyon veya teşviklerle ile üreticileri destekleyebilir. Böylece kişiler, yükledikleri maliyeti hissetme ve başkalarına ihsan ettikleri faydaları tanıma imkânı bulurlar (Özbiği, 2020). Dışsallıklar sorunu, tarımsal kalkınmanın ve tarım politikasının açısından güncel ve önemli bir konudur. Bununla birlikte tarımsal çevresel dışsallıkları ölçmek zor bir iştir ve bilimsel araştırmalarda nadiren karşılaşılır (Pajewski vd., 2020).

Devletin dışsallıklara müdahalesinde kullanılan en yaygın uygulamalar “Karbon Emisyon Vergisi” ve “Emisyon Ticaret Sistemidir”. Karbon vergisinde kirliliğe en çok sebep olan faaliyetleri azaltma, durdurma veya dönüştürme seçeneğine sahip işletmeler bunu yapmadığı takdirde emisyon maliyetini ödemek zorunda kalırlar (Karakaya vd., 2023). Fakat karbon fiyatlandırmasının nasıl yapılacağına dair çalışmalar henüz yetersizdir. Tarımsal faaliyetlerde çeltik üretimi veya hayvancılık faaliyetleri negatif dışsallık yaratan uygulamalardır. Bu faaliyetler sera gazı emisyonuna en fazla sebep olurken, burada belirlenecek karbon fiyatının bu faaliyeti yapanların ortaya çıkacak zarar ve maliyetleri karşılması yani “kirleten öder” ilkesinin benimsenmesidir. Bu fiyatlandırma neticesinde 1 ton CO₂ başına uygulanacak 1 Euro ile zaman içerisinde emisyonları ortalama olarak %0,73'lük bir azalmaya yol açacağı tahmin edilmektedir. Bu hiç karbon fiyatlandırması yapmayan bir ülke için tüm enerji bazında 1 ton CO₂ başına 10 Euro'luk bir karbon vergisi ile emisyonların yaklaşık %7,3 oranında azalması beklenmektedir (OECD, 2023).

Negatif dışsallıkların çözümünde uygulanan bir başka sistem ise Emisyon Ticaret Sistemidir (ETS). Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), sera gazı emisyonlarına bir üst sınır belirlenmesi prensibine dayalı olarak çalışan ve sera gazı emisyon tahsisatlarının alınıp satılması suretiyle sera gazı emisyonunu ve sera gazına sebep olan faaliyetleri maliyet etkin bir şekilde sınırlandıran veya sınırlandırmayı teşvik eden ulusal ve uluslararası piyasa temelli mekanizmadır. Karbon Ticaret Sistemi, basit bir mekanizmadır bu sisteme göre, sera gazı emisyonunu belirlenen hedeften daha fazla azaltan bir şirket ya da ülke, gerçekleştirdiği bu ek indirim başka bir şirkete veya ülkeye satabilmektedir. Böylece gelişmiş ülkelerin, sera gazı emisyon hedeflerine ulaşabilmek için diğer ülke veya şirketlerin salınım haklarını

satın alabilmelerine olanak sağlamaktadır (Yüceer ve Tan, 2022).

Toplum, tarımsal faaliyetlerin olumsuz etkilerinin ve bunlarla ilişkili maliyetlerin giderek daha fazla farkına varmıştır. Tüm girişimciler gibi çiftçiler de tatmin edici ekonomik sonuçlar elde etmek istemektedir. Bu nedenle, yüksek kazanç sağlamak amacıyla mevcut üretim teknolojilerinden (örneğin, üretim yoğunluğunu artırmak için) faydalanmaya isteklidirler. Olumsuz dışsallıkları en aza indiren üretim yöntemleri genellikle daha yüksek maliyetlerle ilişkilidir. Ancak, tüketiciler bu tür ürünler için daha yüksek fiyatlar ödemek istemediğinde, toplumsal refahın korunması için alternatif politika araçlarına başvurulması gereklidir (Gołębiewska ve Pawełski, 2018).

4.2. Sübvansiyonlar ve Teşvikler

Sübvansiyon, devletin kişi ve kurumlara para, mal veya hizmet şeklinde yaptığı karşılıksız yardımları ifade eder. Tarımda sübvansiyonlar özellikle tarımsal girdilerin tedarikinde üreticilere verilir. Devletin tarımı geliştirmek için uyguladığı yapısal politikalardan biri de girdi politikasıdır. Bilindiği gibi işletmelerde etkinlik optimum düzeyde girdi kullanımı ile mümkündür. Tarımsal girdiler denilince yüksek verimli tohumluk, ilaç, gübre, karma yem, sulama suyu ve tarımsal mekanizasyon gelir. Bu girdilerin ekonomik optimum düzeyde kullanımı birim alandan ve birim hayvandan alınacak verimi artırır. Ancak bu girdilerin aşırı kullanımı tarıma bağlı negatif dışsallıkları (toprak kirliliği, su kirliliği, hava kirliliği) artırır (İnan, 2016).

Çevre kirliliği ile mücadelede sübvansiyonların kullanılmasının diğer bir nedeni de çevre kalitesinde meydana gelebilecek olumlu bir iyileşmenin pozitif dışsallık olduğu fikridir. Bu yüzden sübvansiyonlar kirlenme vergilerine alternatif araçlar olarak kabul edilmektedir (Öz bilgi, 2020). Ancak bu konuda karşılaşılan en büyük zorluk bu politika araçlarını, istenen çevresel ve sosyal faydaların arzını artırırken çiftçilerin geçim kaynaklarını sürdürülebilir kılacak etkili paketler halinde entegre etmenin yollarını bulmaktır (Pretty vd., 2001).

Uygulamada olan tarım politikası araçları incelendiğinde “İyi Tarım Uygulamaları” desteği, “Organik Tarım” desteği, “Toprak Analizi” desteği, “Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele” destekleri, “Çevresel Amaçlı Tarım Arazilerinin Korunması (ÇATAK)” destekleri, “Arazi Toplulaştırma”, “Sertifikalı Tohum ve Fidan” destekleri bir taraftan gıda arz ve güvencesini temin etmek amacını taşıırken diğer taraftan doğal kaynaklar ve çevrenin korunmasını hedeflemektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 20024). Dışsallıklar teorisi, hükümet müdahalesini mümkün kılarak, negatif dışsallıkları en aza indirmeyi ve pozitif dışsallıkları destekleyip maksimize etmeyi amaçlar (Grzelak, 2013).

Tarımsal faaliyetler, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla hem pozitif hem de negatif dışsallıklar yaratmaktadır. Bu dışsallıkların yönetimi, çevresel faydaların artırılması ve toplumsal maliyetlerin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir. Pozitif dışsallıkların teşvik edilmesi ve negatif dışsallıkların sınırlandırılması, sürdürülebilir tarım politikaları ile mümkün olabilir. Çevresel vergiler, sübvansiyon reformları ve katılımcı mekanizmalar gibi araçlarla desteklenen bu politikalar, kırsal kalkınmayı güçlendirebilir ve toplumun refahına katkı sağlayabilir. Sonuç olarak, tarım sektörünün çok yönlü etkilerini doğru anlamak ve yönetmek, gelecekte daha sürdürülebilir bir tarım sektörü ve daha sağlıklı bir çevre için vazgeçilmez olduğunu söylemek mümkündür (Yavuz, 2022).

5. Tarımla İlgili Mevzuat Strateji ve Eylem Planları

Bu konuda karşımıza ilk çıkan en önemli mevzuatlardan biri 5403 sayılı “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu” dur. Bu kanun toprakların bilimsel esaslara göre sınıflandırılması yeter büyüklükteki arazilerin saptanması ve toprak bölünmesinin önlenmesini hedefler. Bu kapsamda arazilerin korunması, ekonomik ve çevresel boyutlarının da dikkate alınarak arazinin amaç dışı kullanımının önlenmesi hedeflenmektedir (RG, 2014).

Ülkemiz için çok önemli hedef ve politikaları içeren “12. Kalkınma Planında” (2024-2028) üretimin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını bütüncül olarak ele alan, teknoloji kullanım düzeyi ve verimliliği yüksek, örgütlü, rekabetçi, arz-talep dengesi çerçevesinde planlı, doğal kaynakları etkin ve sürdürülebilir kullanan, toplumun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlayan bir tarım sektörünün oluşturulması temel amaç olarak belirlenmiştir (12. Kalkınma Planı, 2024). Bu amaca ulaşılması için tarıma bağlı negatif dışsallıkların etkisini azaltmak amacıyla; tarım arazilerinin amaç dışı kullanımının önlenerek sürdürülebilir arazi kullanımı için arazi toplulaştırma çalışmaları ile sulama yatırımlarının entegre bir şekilde yürütülmesi planlanmıştır. Ayrıca tarım arazilerinde toprağın organik madde içeriğinin artırılması, erozyonun önlenmesi ve toprak kirliliğinin önlenmesine yönelik desteklemeler, bilinçsiz zirai ilaç kullanımını önlemek için biyolojik ve biyoteknik mücadele desteklerinin yaygınlaştırılması vurgulanmıştır. Mevcut tarımsal desteklemeler kapsamında olan toprak analiz desteğinin yaygınlaştırılarak bilinçli kimyasal gübre kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Çevrenin korunması ve iklim değişikliği ile mücadele kapsamında tarım sektöründe sera gazı salımının azaltılması için çevre dostu tarımsal uygulamalar desteklenmesi, ürün güvenilirliğini artırmak ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına katkı sağlamak amacıyla iyi tarım uygulamaları ve organik tarım desteklenmesi planlanmıştır. Ayrıca hayvancılık kaynaklı metan emisyonlarının azaltılması amacıyla hayvan ıslah çalışmaları ve yem rasyonları konusunda AR-GE çalışmaları

diğer bir tedbir olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan mevcut sulama sistemlerinin iyileştirilerek açık sulama sistemlerinin basınçlı sulama sistemlerine dönüşümünün gerekliliği ifade edilmiştir. Damla sulama ve yağmurlama sulama sistemlerinin hibe destekleriyle %50 oranında desteklenmesi de mevcut kırsal kalkınma politikalarının bir parçasıdır.

“Tarım ve Orman Bakanlığı’nın Strateji Planı (2024-2028)” konuyla ilgili önemli bir plandır. Planda ülkemizin sahip olduğu ekolojik kaynakların kalkınma planları ile uyumlu bir şekilde sürdürülebilir ve verimli bir şekilde kullanımı hedeflenmiştir. Planın amaçları arasında ilk amaç iklim değişikliği, erozyon ve çölleşme ile mücadele etmektir. İkinci amaç olarak arazi tahribatını önlemek, üçüncü amaç ise iklim değişikliğinin tarım üzerine etkisini doğru bir şekilde ölçmek ve doğru politikalar üretmektir. İklim değişikliğine uyum çalışmaları kapsamında Ar-GE faaliyetlerinde bulunmak, tarımsal faaliyetlerine bağlı sera gazı emisyonları ölçüm izleme azaltım çalışmalarını profesyonel bir şekilde yönetmek planın diğer amaçlarıdır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

Bu konuda bir başka önemli eylem planı “Türkiye İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planıdır” (2024-2030). Bu eylem planında çevre kirliliğinin önlenmesi ve doğal kaynakların rasyonel kullanımını sağlamak için uluslararası yükümlülükleri de dikkate alarak su kaynaklarının doğru yönetimi, tarım ve gıda güvenliği, ekosistem hizmetleri, doğal afet risk yönetimi, biyolojik çeşitliliğin korunması, ormanların korunması ve halk sağlığı gibi konulara dikkat çekilmiştir (Çevre Şehircilik ve İklim Bakanlığı, 2024).

İklim değişikliği, tarıma bağlı negatif dışsallıklar ve doğal kaynakların kullanımındaki yanlışlıklar tüm dünyada yeni ekonomik tedbir ve politikaları gündeme getirmiştir. Bu konudaki en güncel uluslararası yaptırımlardan biri Avrupa Birliği (AB) tarafından yürürlüğe konan “Yeşil Mutabakatır”. Avrupa Birliği doğal kaynakların etkin kullanımıyla küresel iklim krizinin etkilerini minimize eden bir ekonomik büyümeyi hedeflemiştir. Ekonomik büyüme hedeflerinden taviz vermeden Avrupa Yeşil Mutabakatı ile Avrupa’yı ilk karbon nötr bir kıta haline getirmeyi amaçladığını 2019’da duyurmuş, net sera gazı emisyonunu 2050’de sıfırlamayı hedeflemiştir. Yeşil Mutabakat, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması’nın devamı niteliğindedir. Yeşil Mutabakatın başta “Tarlardan Sofraya Stratejisi” olmak üzere “Avrupa İklim Yasası”, “AB Biyoçeşitlilik Stratejisi” ve “Döngüsel Ekonomi Eylem Planı” gibi bileşenleri üye ülkeler ve aday ülkeler açısından tarım ve gıda sektörünü özellikle dış ticaret ilişkileri açısından etkileyecektir. Dolayısıyla OTP, iyi ve organik tarımın yanı sıra hayvan refahı, agroekoloji ve tarımsal ormancılık da dahil olmak üzere sürdürülebilir tarım uygulamalarını yaygınlaştırmak için daha teşvik edici olacaktır (Yavuz vd., 2024).

Bu konuda diğerk bir strateji ve eylem Planı “İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planıdır (2024-2030)”. Planda tarım kaynaklı negatif dışsallığı önleme açısından çeşitli stratejik hedefler belirlenmiştir. Hayvancılık kaynaklı metan emisyonlarının azaltılması, kimyasal gübre kullanımında etkinliğin sağlanması, pestisit ve mikrobiyallerin kullanımının azaltılması, tarımsal üretimde atık yönetiminin iyileştirilmesi, arazi ve toprak yönetiminde etkinliğin sağlanması bu stratejik hedefler arasındadır (Çevre Şehircilik ve İklim Bakanlığı, 2024).

Bu konudaki diğerk bir strateji belgesi ve eylem planı “Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planıdır (2023-2033).” Bu plan kapsamında alternatif (geleneksel olmayan) su kaynaklarının yaygınlaştırılması konusunda yasal düzenlemelerin geliştirilmesi ve teşvik mekanizmalarının oluşturulması konusunda 2023-2033 yılları arasında on yıllık su eylem planı hazırlanmıştır. Bu kapsamda tarım ve sanayide mavi ve gri su ayak izinin büyüklüğünün hesaplanması, azaltılmasına yönelik tedbirlerin belirlenmesi, teşvik ve destek mekanizmalarının oluşturulması hedeflenmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023).

6. Sonuç ve Öneriler

Dışsallığın tanımı bir mal veya hizmetin üretim veya tüketim sürecinde firma, işletme veya çiftçilerin diğerk bireyler üzerinde oluşturduğu görünmeyen faydalar veya maliyetler olarak tanımlanabilir. Üretimin diğerk bireylere üzerinde oluşturdukları dışsallıklar pozitif veya negatif dışsallık olarak nitelendirilirken, bu durum piyasa başarısızlığı olarak ifade edilir ve ekonomik etkinsizliğe neden olur.

Tarımdaki negatif dışsallıklar günümüzde iklim krizi ve doğal kaynakların rasyonel olarak kullanılmaması şeklinde küresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim güncel rakamlarla sera gazı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %71,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, %12,8 ile tarım ikinci sırada gelmektedir. Endüstriyel tarım ve ürün işleme, %12,5, atık sektörü %2,9 toplam sera gazı emisyonunda pay almakta olup tarım bu faaliyetlerin her birinin içinde de ayrıca yer alır. Yani tarım sektörünün karbon emisyonu salınımına katkısı tahmin edilenden daha büyüktür. Türkiye’de sera gazı emisyon seviyesi son otuz yılda %144,9 oranında artmıştır. Bu değişimde ilk sırada %208,1 oranı ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı gelirken, atık yönetiminde %57,7, tarımda ise %37,9 bunu takip etmektedir. Diğerk taraftan 2021-2022 yılları arasındaki bir yıllık değişim incelendiğinde tüm sektörler toplamında %2,4 oranında bir azalış meydana gelmiş, tarım sektöründeki azalma ise %5,1 olarak belirlenmiştir. Bu değerler alınan bazı tedbirlerin kısmen de olsa amacına ulaştığını göstermektedir. Tarım sektörünün sera gazı emisyonuna katkısı alt sektörler itibariyle incelenirse hayvancılığa bağlı ente-

rik fermantasyon %48,5, tarım topraklarının yanlış kullanımı (%36,4), üre (%1,8), çeltik üretimi (%0,4) ve anız yakımı (%0,3) şeklinde bir sıralama yapılabilir.

Dolayısıyla tarımsal faaliyetler sürdürülebilir tarım perspektifinden incelendiğinde ekonomik, sosyal ve çevresel boyutuyla hem pozitif hem negatif dışsallıklara neden olur. Bu konuda tarımın pozitif ve negatif etkilerini doğru anlamak, doğru yönetmek, üretici refahı, tüketici refahı ve sosyal refahı bir arada koruyan sürdürülebilir tarım politikalarını belirleyebilmek açısından son derece önemlidir. Devletin doğru müdahale yöntemleri ve doğru politikalarla pozitif dışsallıkların teşvik edilmesi, negatif dışsallıkların etkisinin azaltılması sadece çevresel sorunların azaltılması değil, kırsal kalkınmanın da ön şartıdır. Çevre dostu üretim yöntemleri diye ifade ettiğimiz iyi tarım uygulamaları, organik tarım, basınçlı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması, toprak analizlerine dayalı gübreleme, biyolojik mücadele yöntemleri ve yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi Türkiye’de güncel olarak uygulanan politiklardır.

Günümüzde en güncel uluslararası yaptırım olan “Yeşil Mutabakat” ve bu çerçevede hazırlanan ulusal ve uluslararası strateji ve eylem planlarının temel hedefi ekosistem temelli tarımsal faaliyetleri hedeflemektedir. Bu faaliyetler kapsamında koruyucu tarım, sürdürülebilir arazi yönetimi ve orman yönetimi gibi bütüncül yaklaşımlara önem verilmektedir. Avrupa Birliğine (AB) tarımsal ihracat potansiyelimiz yüksek olması ve Ortak Tarım Politikasına (OTP) uyum sürecimiz dikkate alındığında “Yeşil Mutabakat” kapsamında uygulanacak yaptırımlar Türkiye açısından önemli problemleri gündeme getirebilecektir. Özellikle tarım-çevre etkileşimi açısından verilen desteklerin yetersizliği ülkemiz için önemli bir dezavantajdır.

Dünyanın ve ülkemizin gündeminde olan bu tarımla ilgili küresel problemlerin çözümü için çalışma kapsamında çeşitli öneriler sunulabilir. Türkiye’de uygulamada olan güncel tarım politikaları incelendiğinde Çevresel Amaçlı Tarım Arazilerini Koruma (ÇATAK) programının günün şartlarına uyarlanarak sürekliliğin sağlanması önemlidir.

Tarımsal üretim planlaması ve bölgesel politikaların yaygınlaştırılmasını hedefleyen Havza Bazlı Destekleme Modelinde (HBDM) özellikle yaş meyve sebze, hayvancılık ve çeltik üretiminde bölgesel uzmanlaşmayı da dikkate alarak karbon ayak izini azaltacak çevre dostu üretim yöntemleri geliştirilmelidir. Bu kapsamda bölgesel üretim açısından önemli olan hayvancılığa ve çeltik üretimine bağlı metan gazı salınımını azaltacak üretim yöntemleri geliştirilmelidir. Hayvancılıkta karbon ayak izi düşük yem üretimi ve çeltik üretiminde ise ülkemizin bazı bölgelerinde çok başarılı bir şekilde uygulanan damla sulama ile çeltik üretimi konusunda farkındalık oluşturulmalı ve bu üretim yöntemleri desteklenmelidir.

Çevre dostu üretim yöntemleri dediğimizde aklımıza gelen iyi tarım uygulamaları ve organik tarım konusunda üreticilerin teşvik edilmesi bu yöntemlerin yaygınlaştırılması ve bu konudaki desteklerin artırılması gerekmektedir.

Yeşil Mutabakatın, sınırda karbon düzenlemesi hedefine istinaden Avrupa'ya gidecek tüm hammadde, gıda ve diğer tarımsal ürünlerin üretiminde AB yönetmeliklerindeki kalite ve standartlara uyulmalı ve üreticiler bu konuda teşvik edilmeli, gıda arz zinciri bu amaca uygun bir şekilde düzenlenmelidir.

Tarımda en önemli sorun olarak karşımıza çıkan su israfını önlemek için geleneksel sulama yöntemleri yerinde basınçlı sulama yöntemleri konusunda üreticiler bilinçlendirilmeli bu konuda verilen kırsal kalkınma desteklerinin etkin kullanımı teşvik edilmelidir. Üreticilerin özellikle AB kırsal kalkınma fonları aracılığı ile verilen hibe destekleri konusunda farkındalığını artıracak eğitim çalışmaları artırılmalı, bu fonları kullanabilmek için yapılacak projelerde potansiyel artışı hedeflenmelidir.

Özellikle tarımsal arazilerin amaç dışı kullanımının önlenmesi, arazilerin verimliliğinin korunması, arazi işlemede toprağa zarar vermeyen işleme yöntemlerinin kullanılması, erozyona karşı toprağı tutacak bitki örtüsünün oluşturulması gerekir. Ayrıca toprakta azot tutulumunu sağlayan münavebe sistemlerine uygun ekimler yapılmalıdır.

Özellikle entansif tarım uygulamalarında yaygın olarak kullanılan kimyasal gübre ve ilaç kullanımının aşırı kullanımların azaltılması gerekmektedir. Gübre kullanımında doğal gübre kullanımının teşvik edilmesiyle birlikte yürürlükte olan toprak analiz desteğinin etkinleştirilerek toprağın ihtiyacına uygun miktarda gübre kullanımı sağlanmalıdır. Bitki hastalıkları ile mücadelede yine desteklemeler kapsamında olan biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri yaygınlaştırılmalı, üreticiler bu konularda bilinçlendirilmelidir.

Tarımın alt sektörü olan bitkisel ve hayvansal üretiminde atıkların biyogaz ve gübreye dönüşümü konusunda farkındalık artırılmalıdır. Tarımda atık yönetimi konusunda AR-GE çalışmaları artırılmalıdır.

Son olarak gelişmiş bazı ülkelerde uygulanmaya başlayan Karbon Vergilendirilmesi çalışmalarının artırılması bu uygulamalar için alternatif politika senaryolarının belirlenmesi gerekmektedir.

Kaynakça

- Aktuğ, S. S., Erdemci, F., Dağ, M., (2020). Siirt İlinde Baraj ve Hidroelektrik Santrallerinin Dışsallık Analizi: Bir Alan Araştırması. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(1), 409-431.
- Baum, R., Sleszynski, J., (2009). Nowe funkcje rolnictwa-dostarczenie dóbr publicznych. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 11 (2).
- Gołębiewska, B., & Pajewski, T., (2018). Positive and negative externalities of management illustrated by the case of agricultural production. Journal of Agribusiness and Rural Development, 48(2), 113-120.
- Grzelak, P., (2013). The application of the theory of externalities in the context of agricultural policy. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 15(5).
- Harris, J. M., Roach, B., (2021). The Theory of Environmental Externalities. In Environmental and Natural Resource Economics (44-92). Routledge.
- İnan, İ. H., (2016). Tarım Ekonomisi ve İşletmeciliği. İdeal Kültür ve Yayıncılık.
- Karaer, F., Gürlük, S., (2003). Gelişmekte Olan Ülkelerde Tarım, Çevre, Ekonomi Etkileşimi, Doğu Üniversitesi Dergisi, 4 (2), 197-206.
- Karakaya, E., Akkoyun, G., Hiçyılmaz, B., (2023). Karbon Fiyatlandırması: Karbon Vergisi mi? Emisyon Ticareti mi? Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi, 8(4), 813-841.
- Kesbiç, C. Y., Baldemir, E., İnci, M. (2010). Dışsallıkların Ekonomi Üzerindeki Etkileri Ve İçselleştirilmesine İlişkin Teorik Yaklaşımlar-Çözüm Önerileri: Yatağan Termik Santrali Analizi. Journal of Management and Economics Research, 8 (14), 123-138.
- Macháč, J., Trantinová, M., & Zaňková, L., (2021). Externalities in agriculture: How to include their monetary value in decision-making?. International Journal of Environmental Science and Technology, 18(1), 3-20.
- Novikova, A. (2014). Valuation of agricultural externalities: Analysis of alternative methods. Research for Rural Development: 20th Annual International Scientific Conference Proceedings, 2014, 167-174.
- OECD, 2022. <https://www1.compareyourcountry.org/environment-climate-change/en/0/1511/map/2020>.
- OECD, 2023. Chromeextension://efaidnbmnnnibpajpcgglefindmkaj/https://www.oecd.org/tax/tax-policy/effective-carbon-rates-2021-brochure.pdf
- Özbilgi, F., (2020). Piyasa Başarısızlıklarından Dışsallıklar ve Çözüm Yollarına İlişkin Değerlendirmeler. Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Dergisi. 2(1), 70- 90.

- Pajewski, T., Malak-Rawlikowska, A., Gołębowska, B., (2020). Measuring Regional Diversification of Environmental Externalities İn Agriculture and The Effectiveness of Their Reduction by EU Agri-Environmental Programs in Poland. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123013.
- Parlakay, O., Alpagut, Y., (2016). Negatif Dışsallıkların Çevreye Olumsuz Etkilerinin Önlenmesinde Kullanılan Çözüm Yolları. *Akademik Bakış Dergisi*. (57), 210-220.
- Pretty, J., Brett, C., Gee, D., Hine, R., Mason, C., Morison, J., ...Dobbs, T., (2001). Policy Challenges and Priorities for Internalizing The Externalities of Modern Agriculture. *Journal of Environmental Planning and Management*, 44(2), 263-283.
- Rekabet Kurumu, (2024). <https://www.rekabet.gov.tr/tr/Sayfa/Yayinlar/rekabet-terimleri-sozlugu/terimler-listesi?icerik=87768be3-9d38-40f3-a593-72370b37b6d4>
- RG, (2017). 29001 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun.
- Rosen, H.S.& Gayer, T., (2008). *Public Finance*, 8th.Ed. McGraw Hill International Edition, Singapore
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, (2024). 12. Kalkınma Planı.
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Bakanlığı (2024). İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030).
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Bakanlığı (2024). İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030).
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2023). Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033).
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2024). Stratejik Plan (2024-2028).
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2024). Tarımsal Destekler.
- Tabar, Ç. (2021). Negatif Dışsallıkların İçselleştirilmesinde Plastik Poşet Vergisi: Türkiye’de Ücretli Poşet Uygulamasının Değerlendirilmesi. *Mali Çözüm Dergisi/Financial Analysis*, 31(165).
- Tan, S.S., (2004). Çevre Sorunlarına Kamu Maliyesi Çözümleri Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
- Tian, X., Gao, W., Liu, Y., & Xu, M., (2020). Secondary Resource Curse’s Formation and Transmission Mechanism Based on Environmental Externality Theory. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104958.
- TUİK, (2024). <data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2022-53701>.
- Uzer, Y., (2022). Mülteciliğin Kırsal Kalkınma ve İstihdam Üzerine Pozitif ve Negatif Dışsallıkları. *Selçuk Üniversitesi Akşehir Meslek Yüksekokulu Sosyal Bilimler Dergisi*, (13), 115-126.

- Yavuz F., Atış, E., Dellal İ., Mencet Yelboğa, M., N., (2024) Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın Türkiye Tarım ve Tarım Dışı Sektör Politikalarına Entegrasyonu. Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları (SETA) Vakfı'na yayınları.
- Yavuz, F., (2022). Tarım Politikası Ders Notları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:252.
- Yegen, B., Turan, M. (2021). Pigouvian Bir Vergi Önerisi: SAR Vergisi. Journal of Accounting and Taxation Studies, 14(1), 397-418.
- Yüceer, S.E., Tan, S., (2022). Investigation of Researches Related to Carbon Tax And Agriculture by Bibliometric Analysis Method. II. International Global Climate Change Congress.
- Yüksel, C. (2006), Dışsalıklarda Kamusal Çözümler: Türkiye Uygulaması, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.