

ZEYTİN TARIMINDA AGROEKOLOJİK YAKLAŞIMLAR:

TOPRAK, BİTKİ VE İKLİM ETKİLEŞİMLERİ

Editör:

Dr. Ayça Akça Uçkun



BİDGE Yayınları

Zeytin Tarımında Agroekolojik Yaklaşımlar: Toprak, Bitki ve İklim Etkileşimleri

Editör: Dr. Ayça Akça Uçkun

ISBN: 978-625-8989-45-8

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 18.06.2026

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



İÇİNDEKİLER

ZEYTİN BAHÇELERİNDE AGROEKOLOJİK YENİLİKLER: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI DAYANIKLILIĞIN ARTIRILMASI	4
Ayça AKÇA UÇKUN	4
Meltem AYAZ	4
H. Sevim TURAN	4
Özen MERKEN	4
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM SİSTEMLERİNDE ÇİNKO YÖNETİMİ: TOPRAK, RİZOSFER VE BİTKİ BESLENMESİ PERSPEKTİFİ	22
Özen MERKEN	22
H. Sevim TURAN	22
Meltem AYAZ	22
Ayça AKÇA UÇKUN	22
ZEYTİNLİKLERDE OTSU ÖRTÜ YÖNETİMİ VE AGROEKOLOJİK DÖNÜŞÜM: TOPRAK SAĞLIĞI, BİYOÇEŞİTLİLİK VE İKLİM DİRENCİ	34
Ayça AKÇA UÇKUN	34

ZEYTİN BAHÇELERİNDE AGROEKOLOJİK YENİLİKLER: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI DAYANIKLILIĞIN ARTIRILMASI

Ayça AKÇA UÇKUN¹

Meltem AYAZ²

H. Sevim TURAN³

Özen MERKEN⁴

GİRİŞ

Zeytin (*Olea europaea* L.), Akdeniz havzasının en önemli çok yıllık tarımsal ürünlerinden biri olup ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel açıdan büyük öneme sahiptir. Ancak son yıllarda küresel iklim değişikliği, özellikle Akdeniz bölgesinde tarımsal üretim sistemlerini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu bölge, iklim

¹ Dr. Ayça AKÇA UÇKUN, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000-0002-5592-496X

² Dr. Meltem AYAZ, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000 0002 2707 4638

³ Dr. H. Sevim TURAN, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000 0003 4266 7420

⁴ Dr. Özen MERKEN, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000 0002 0481 0794

değişikliğinin etkilerinin en belirgin hissedileceği “sıcak noktalardan” biri olarak tanımlanmaktadır (Fraga ve ark., 2021).

Artan sıcaklıklar, düzensiz yağış rejimleri, kuraklık ve aşırı iklim olaylarının sıklığındaki artış, zeytin ağaçlarının fizyolojisini, fenolojik gelişimini ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Yapılan projeksiyonlar, sıcaklık artışının 1,5–2 °C seviyesine ulaşması durumunda zeytin veriminde %20’ye varan düşüşler olabileceğini; daha yüksek sıcaklık artışlarında ise özellikle yağışa bağlı yetiştiricilik koşullarında bu kayıpların çok daha yüksek seviyelere çıkabileceğini göstermektedir (Gucci, 2023 (preprint)).

İklimsel stres faktörlerinin yanı sıra, toprak bozulumu da zeytin yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğini tehdit eden önemli bir unsurdur. Toprak organik maddesinin azalması, erozyon, yapısal bozulma ve biyolojik aktivitenin düşmesi, bitkilerin su ve besin elementlerine erişimini kısıtlayarak üretim sistemlerinin dayanıklılığını azaltmaktadır. Bu bağlamda, toprak sağlığının korunması ve iyileştirilmesi, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin merkezinde yer almaktadır.

Toprak sağlığı; fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini kapsayan bir kavram olup, sürdürülebilir tarım sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Literatürde, toprak organik madde içeriğindeki artışın su tutma kapasitesini iyileştirdiği, besin döngüsünü desteklediği ve bitkilerin stres koşullarına karşı dayanıklılığını artırdığı açıkça ortaya konmuştur (Lal, 2020; Blanco-Canqui, 2017). Zeytin bahçelerinde örtü bitkisi kullanımı, malçlama, budama artıklarının toprağa kazandırılması ve organik materyal uygulamaları gibi yönetim teknikleri, toprak sağlığını iyileştirerek üretim sistemlerinin iklim değişikliğine karşı direnç kazanmasına katkı sağlamaktadır.

Bununla birlikte, etkin bir besin yönetimi stratejisi de sürdürülebilir zeytin yetiştiriciliği açısından kritik öneme sahiptir.

Toprak ve yaprak analizlerine dayalı dengeli gübreleme programları, besin elementlerinin etkin kullanımını sağlayarak hem verim hem de kalite üzerinde olumlu etkiler oluşturmaktadır. İklim değişikliği ile birlikte toprak-bitki sistemlerinde besin elementlerinin dinamikleri değişmekte, bu durum adaptif ve esnek gübreleme yaklaşımlarının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bu derlemede, zeytin yetiştiriciliğinde toprak sağlığının korunmasına yönelik uygulamalar, besin yönetimi stratejileri ve iklim değişikliğine uyum kapsamında geliştirilen agronomik yaklaşımlar güncel literatür ışığında bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Ayrıca, mevcut bilgi birikimi değerlendirilerek gelecekte yapılacak araştırmalar için potansiyel çalışma alanları ortaya konulmuştur.

İklim Değişikliği ve Zeytin Üretim Dinamikleri

İklim değişikliğinin zeytin üretimi üzerindeki etkileri yalnızca kısa vadeli verim kayıpları ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda uzun vadeli üretim dinamiklerini de yeniden şekillendirmektedir. Özellikle sıcaklık artışları ve yağış rejimlerindeki değişimlerin, zeytin ağaçlarının fenolojik gelişim süreçleri üzerinde belirleyici olduğu bildirilmektedir. Bu bağlamda, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar, zeytin veriminin iklim parametrelerine yüksek derecede duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır (Moriondo et al., 2015).

Ayrıca, iklim değişikliği ile birlikte zararlı popülasyonlarının dinamiklerinde de önemli değişimler gözlenmektedir. Artan sıcaklıkların, özellikle zeytin sineği (*Bactrocera oleae*) gibi ekonomik öneme sahip zararlıların yaşam döngüsünü hızlandırarak daha fazla nesil vermesine olanak sağladığı belirtilmektedir (Ponti et al., 2014). Bu durum, entegre zararlı yönetimi stratejilerinin iklim değişikliği perspektifinden yeniden ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

Toprak Sağlığı ve İklim Değişikliğine Dayanıklılık

İklim değişikliğinin zeytin yetiştiriciliği üzerindeki etkileri yalnızca sıcaklık ve yağış gibi doğrudan iklim faktörleri ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda toprak sistemleri üzerinden dolaylı ancak daha kalıcı etkiler oluşturmaktadır. Akdeniz koşullarında yaygın olarak görülen düşük organik madde içeriği, artan sıcaklık ve azalan yağış ile birlikte toprakların su tutma kapasitesini ve biyolojik aktivitesini sınırlandırmaktadır (Fraga ve ark., 2021; Lal, 2020). Bu durum, özellikle yağışa bağlı zeytin yetiştiriciliğinde kuraklık stresinin daha şiddetli hissedilmesine neden olmaktadır.

Toprak organik maddesi (TOM), bu bağlamda iklim değişikliğine karşı dirençli üretim sistemlerinin geliştirilmesinde temel bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Organik madde artışı, toprak agregat stabilitesini iyileştirerek suyun infiltrasyonunu artırmakta ve yüzey akışını azaltmaktadır. Aynı zamanda toprağın su tutma kapasitesini artırarak bitkilerin kurak dönemlerde suya erişimini kolaylaştırmaktadır. Lal (2020), toprak organik maddesindeki %1'lik artışın, toprak tipine bağlı olarak hektar başına yaklaşık 150–250 m³ ek su depolama kapasitesi sağlayabileceğini bildirmiştir. Benzer şekilde, FAO (2017) raporlarında organik madde artışının özellikle yarı kurak bölgelerde su verimliliğini artırdığı vurgulanmaktadır.

Toprak organik maddesinin etkileri yalnızca fiziksel özelliklerle sınırlı değildir. Aynı zamanda mikrobiyal aktivitenin ana enerji kaynağını oluşturarak toprak biyolojisinin sürdürülebilirliğinde kritik rol oynar. Topraktaki mikrobiyal biyokütle, organik materyalin ayrışması ile birlikte azot, fosfor ve diğer besin elementlerinin bitki tarafından alınabilir formlara dönüşümünü sağlar (Blanco-Canqui, 2017). Bu süreç, özellikle su stresinin hakim olduğu koşullarda bitki beslenmesinin devamlılığı açısından önemlidir. Nitekim, kuraklık koşullarında organik

maddece zengin topraklarda mikrobiyal aktivitenin daha stabil kaldığı ve bu durumun bitki performansını olumlu etkilediği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Lal, 2020).

Zeytin bahçelerinde toprak organik maddesini artırmaya yönelik uygulamalar arasında örtü bitkisi kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Örtü bitkileri, toprak yüzeyini kaplayarak evaporasyonu azaltmakta ve toprak sıcaklıklarını düzenlemektedir. Ayrıca kök sistemleri aracılığıyla toprağın fiziksel yapısını iyileştirirken, kök salgıları sayesinde rizosferde mikrobiyal çeşitliliği artırmaktadır. Akdeniz koşullarında yürütülen çalışmalar, örtü bitkisi uygulamalarının toprak nem içeriğini artırdığını ve zeytin ağaçlarının yaz dönemindeki su stresini azalttığını göstermektedir (Fraga ve ark., 2021; Gómez et al., 2019).

Malç uygulamaları da benzer şekilde toprak yüzeyinde fiziksel bir örtü oluşturarak su kaybını azaltmakta ve toprak sıcaklık dalgalanmalarını sınırlamaktadır. Organik malç materyallerinin zamanla ayrışması, toprağa ilave organik madde kazandırarak uzun vadede toprak yapısını iyileştirmektedir. Özellikle zeytin budama artıklarının bahçede değerlendirilmesi, hem atık yönetimi hem de besin döngüsü açısından sürdürülebilir bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (García-Ruiz et al., 2012).

Son yıllarda, biyokömür (biochar) gibi toprak düzenleyicilerin kullanımı da toprak sağlığının iyileştirilmesine yönelik önemli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Biyokömürün gözenekli yapısı, toprakta su ve besin elementlerinin tutulmasını artırırken, aynı zamanda karbon sekestrasyonu yoluyla iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlamaktadır (Lehmann & Joseph, 2015). Bununla birlikte, biyokömür uygulamalarının etkileri toprak tipi ve uygulama dozuna bağlı olarak değişkenlik gösterebildiğinden, bölgesel koşullara göre değerlendirilmesi gerekmektedir.

Zeytin yetiştiriciliğinde toprak yönetimi uygulamaları, iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle geleneksel çıplak toprak yönetimi, Akdeniz koşullarında erozyon riskini artırmakta ve uzun vadede toprak verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir toprak yönetimi uygulamalarının, hem toprak organik maddesini artırdığı hem de erozyonu önemli ölçüde azalttığı bildirilmektedir (Sofu et al., 2010; Gómez et al., 2014).

Tüm bu bulgular değerlendirildiğinde, zeytin yetiştiriciliğinde toprak sağlığının korunması ve iyileştirilmesi, yalnızca verim ve kalite açısından değil, aynı zamanda üretim sistemlerinin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığının artırılması açısından stratejik bir öneme sahiptir (Fraga ve ark., 2021; Lal, 2020)..

Besin Yönetimi ve İklim Değişikliği Koşullarında Zeytin Yetiştiriciliği

İklim değişikliği, zeytin yetiştiriciliğinde yalnızca su dengesi ve fizyolojik süreçleri değil, aynı zamanda toprak-bitki sisteminde besin elementlerinin döngüsünü ve bitki tarafından alımını da doğrudan etkilemektedir. Artan sıcaklıklar, değişen yağış rejimleri ve kuraklık koşulları, besin elementlerinin topraktaki hareketliliğini, çözünürlüğünü ve bitki kökleri tarafından alımını sınırlandırabilmektedir (Sardans ve Peñuelas, 2013; Verma ve ark., 2025).

Tablo 1: Besin Yönetimi Stratejileri

Strateji	Amaç	Etki
Yaprak analizi	Bitki durumu	Doğru gübreleme
Organik + mineral gübre	Denge	Uzun vadeli verim
Mikro element takviyesi	Çiçeklenme	Verim artışı
Biyostimülanlar	Stres azaltma	Kök gelişim

Özellikle azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi makro besin elementlerinin döngüsü, toprak nemi ve mikrobiyal aktivite ile yakından ilişkilidir. Kuraklık koşullarında mikrobiyal aktivitenin azalması, organik maddenin mineralizasyonunu yavaşlatarak bitki için kullanılabilir besin elementlerinin miktarını düşürmektedir (Lal, 2020). Bu durum, zeytin ağaçlarında beslenme yetersizliklerine ve dolaylı olarak verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir.

Zeytin yetiştiriciliğinde etkin besin yönetimi, geleneksel gübreleme yaklaşımlarından farklı olarak, toprak ve yaprak analizlerine dayalı dengeli gübreleme programlarının oluşturulmasını gerektirmektedir. Yaprak analizleri, bitkinin mevcut beslenme durumunu doğrudan yansıttığı için gübreleme stratejilerinin belirlenmesinde en güvenilir yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Fernández-Escobar, 2017). Özellikle azot uygulamalarında aşırı gübreleme, vegetatif büyümeyi artırırken meyve verimi ve yağ kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir.

İklim değişikliği koşullarında besin kullanım etkinliği (Nutrient Use Efficiency, NUE) kavramı daha da önem kazanmaktadır. Besin kullanım etkinliği, verilen gübrenin bitki tarafından ne oranda kullanıldığını ifade etmekte olup, sürdürülebilir tarım sistemlerinin temel göstergelerinden biridir. Yüksek sıcaklık ve su stresi koşullarında bitki kök gelişiminin sınırlanması, besin alımını azaltmakta ve gübre kullanım etkinliğini düşürmektedir (Sardans ve Peñuelas, 2013). Bu nedenle, gübreleme stratejilerinin iklim koşullarına göre optimize edilmesi gerekmektedir.

Zeytin bahçelerinde organik ve mineral gübrelerin birlikte kullanılması (entegre besin yönetimi), hem toprak sağlığını korumakta hem de besin elementlerinin daha dengeli ve uzun süreli kullanılmasını sağlamaktadır. Organik gübreler, toprağın organik madde içeriğini artırarak mikrobiyal aktiviteyi desteklerken, mineral

gübreler bitkinin hızlı besin ihtiyacını karşılamaktadır. Bu kombinasyon, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde besin kayıplarını azaltarak üretim sistemlerinin stabilitesini artırmaktadır (FAO, 2017; Lal, 2020).

Mikro besin elementleri de zeytin yetiştiriciliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle bor (B), çinko (Zn) ve demir (Fe), çiçeklenme, meyve tutumu ve fotosentez süreçlerinde kritik görevler üstlenmektedir. İklim değişikliği ile birlikte toprak pH'sında ve nem koşullarında meydana gelen değişimler, bu elementlerin bitki tarafından alınımını sınırlayabilmektedir. Örneğin, yüksek pH koşullarında demir noksanlığı daha yaygın hale gelirken, kuraklık bor taşınımını olumsuz etkileyebilmektedir (Fernández-Escobar, 2017).

Son yıllarda, bitki büyüme düzenleyicileri ve biyostimülanların kullanımı, stres koşullarında bitki beslenmesini destekleyen alternatif yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır. Deniz yosunu ekstraktları, humik maddeler ve silikon gibi uygulamaların, bitki kök gelişimini teşvik ettiği, besin alınımını artırdığı ve abiyotik stres koşullarına karşı toleransı yükselttiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Calvo et al., 2014; du Jardin, 2015).

Tüm bu değerlendirmeler ışığında, zeytin yetiştiriciliğinde besin yönetimi stratejilerinin, iklim değişikliğinin oluşturduğu yeni koşullar dikkate alınarak yeniden şekillendirilmesi gerekmektedir. Toprak ve yaprak analizlerine dayalı, entegre ve adaptif gübreleme yaklaşımları, hem verim ve kaliteyi korumak hem de üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır (Sardans ve Peñuelas, 2013; Fernández-Escobar, 2017).

İklim Değişikliğine Uyum: Su Yönetimi, Agroekolojik Yaklaşımlar ve Ara Ziraat Sistemleri

İklim değişikliği ile birlikte Akdeniz havzasında yağış rejimlerinin düzensizleşmesi ve kuraklık sıklığının artması, zeytin yetiştiriciliğinde su yönetimini en kritik sınırlayıcı faktörlerden biri haline getirmiştir. Özellikle yağışa bağlı (rainfed) üretim sistemlerinde toprak neminin korunması, üretim sürdürülebilirliği açısından belirleyici olmaktadır (Fraga ve ark., 2021; Darouich ve ark., 2026).

Son yıllarda agroekolojik yaklaşımlar, iklim değişikliğine dayanıklı tarım sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir paradigma olarak öne çıkmaktadır. Agroekoloji, yalnızca üretim artışını değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin korunmasını ve biyolojik çeşitliliğin artırılmasını hedefleyen bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır (Wezel et al., 2014).

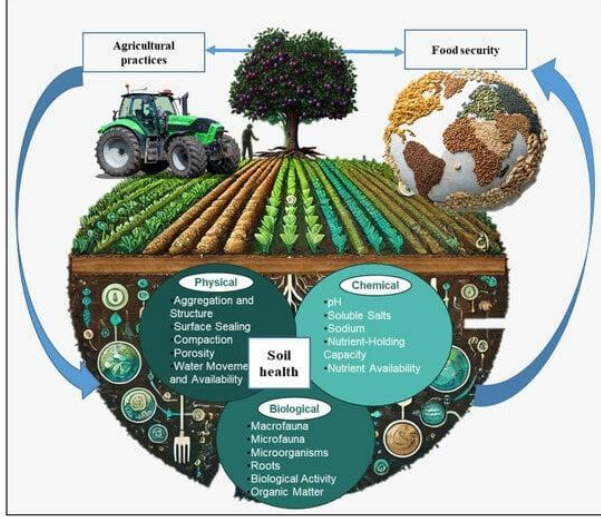
Bu bağlamda, zeytin yetiştiriciliğinde agroekolojik uygulamaların benimsenmesi, hem çevresel sürdürülebilirliği artırmakta hem de üretim sistemlerinin iklim değişikliğine karşı direnç kazanmasına katkı sağlamaktadır.

Su yönetimi, zeytin yetiştiriciliğinde iklim değişikliğine uyum stratejilerinin en kritik bileşenlerinden biridir. Özellikle su kullanım etkinliğinin artırılması, hem verim hem de sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Tarımsal sulama sistemlerinin optimize edilmesi, bitki su kullanım verimliliğini artırarak sınırlı su kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır (Feres & Soriano, 2007).

Zeytin ağaçlarının su ilişkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu bitkinin kuraklığa dayanıklı olmasına rağmen su stresinin belirli eşiklerin üzerinde verim ve kaliteyi önemli ölçüde düşürdüğünü göstermektedir (Tognetti et al., 2005). Bu nedenle, sulama

stratejilerinin fenolojik dönemlere göre optimize edilmesi gerekmektedir.

Şekil 1: Zeytin Agroekosistemi (Sistem Yaklaşımı)



Bu bağlamda, suyun yalnızca temini değil, aynı zamanda **arazi içinde tutulması ve etkin kullanımı** ön plana çıkmaktadır. Yağmur suyu hasadı (rainwater harvesting) uygulamaları, yüzey akışını azaltarak suyun toprakta depolanmasını sağlamaktadır. Eğimli arazilerde uygulanan kontur hendekleri (swale), yüzey akış hızını düşürerek infiltrasyonu artırmakta ve özellikle kısa süreli yoğun yağışların toprağa kazandırılmasında etkili olmaktadır. Bu tür uygulamaların, yarı kurak bölgelerde toprak nemini artırarak bitki su stresini azalttığı çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Stroosnijder, 2003; Lal, 2020).

Toprak yüzeyinde su kayıplarını azaltmaya yönelik bir diğer önemli uygulama malçlamadır. Malç materyalleri, toprak yüzeyinde buharlaşmayı sınırlandırarak nem kaybını azaltmakta ve toprak sıcaklığını dengelemektedir. Organik malçların zamanla ayrışması ile toprağa organik madde kazandırılması, hem su tutma kapasitesini

hem de toprak biyolojik aktivitesini artırmaktadır (Blanco-Canqui & Lal, 2009). Zeytin bahçelerinde özellikle budama artıklarının malç olarak kullanılması, hem ekonomik hem de ekolojik açıdan sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır.

Agroekolojik yaklaşımlar, zeytin yetiştiriciliğinde iklim değişikliğine uyum stratejilerinin temelini oluşturmaktadır. Bu yaklaşımlar, doğal süreçlerin desteklenmesini, dış girdilerin azaltılmasını ve ekosistem hizmetlerinin etkin kullanılmasını hedeflemektedir. Bu kapsamda örtü bitkileri, toprak sağlığını iyileştirmenin yanı sıra su yönetiminde de önemli rol oynamaktadır. Örtü bitkileri, toprak yüzeyini kaplayarak evaporasyonu azaltmakta ve yağış suyunun infiltrasyonunu artırmaktadır (Gómez et al., 2019). Aynı zamanda kök sistemleri aracılığıyla toprak yapısını iyileştirerek suyun toprak profilinde daha derin katmanlara ulaşmasını sağlamaktadır.

Tablo 2: İklim Değişikliğine Uyum Uygulamaları ve Etkileri

Uygulama	Etki Mekanizması	Sağladığı Fayda	Literatür
Örtü bitkisi	Toprak yüzeyi kaplama	Nem artışı, erozyon azalması	Gómez et al., 2019
Malçlama	Buharlaşmayı azaltma	Su kaybı azalır	Blanco-Canqui & Lal, 2009
Organik madde artışı	Su tutma kapasitesi	Kuraklık direnci artar	Lal, 2020
Ara ziraat (kekik vb.)	Biyolojik çeşitlilik	Zararlı baskısı azalır	Altieri et al., 2015
Su hasadı (swale)	İnfiltrasyon artışı	Toprak nemi artar	Stroosnijder, 2003

Zeytin bahçelerinde ara ziraat (intercropping) uygulamaları da agroekolojik sistemlerin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkiler (örneğin kekik, lavanta, adaçayı ve biberiye) ile yapılan ara ziraat uygulamaları, yalnızca ekonomik çeşitlilik sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda agroekosistemin fonksiyonel çeşitliliğini artırmaktadır. Bu bitkilerin

kök yapıları ve rizosfer etkileri, toprak mikrobiyal aktivitesini destekleyerek besin döngüsünü iyileştirmektedir (Altieri et al., 2015).

Bunun yanı sıra, bazı aromatik bitkilerin uçucu yağ bileşenleri, zararlı böcekler üzerinde baskılayıcı etki gösterebilmekte ve biyolojik mücadeleye katkı sağlayabilmektedir. Bu durum, özellikle zeytin sineği (*Bactrocera oleae*) gibi önemli zararlılara karşı entegre mücadele stratejilerinin geliştirilmesinde alternatif yaklaşımlar sunmaktadır (Daane & Johnson, 2010).

Ara ziraat sistemlerinin bir diğer önemli avantajı, toprak yüzeyinin yıl boyunca bitki örtüsü ile kaplı kalmasını sağlayarak erozyonu azaltmasıdır. Akdeniz koşullarında çıplak toprak yüzeyleri, ani ve yoğun yağışlarda ciddi toprak kayıplarına neden olabilmektedir. Bitki örtüsü, yağışın kinetik enerjisini azaltarak toprağın korunmasına katkı sağlamaktadır (García-Ruiz et al., 2013).

Son yıllarda, agroekolojik uygulamaların karbon sekestrasyonu üzerindeki etkileri de dikkat çekmektedir. Bitki örtüsü sürekliliği, organik madde birikimi ve toprak biyolojik aktivitesindeki artış, toprakta karbon depolanmasını destekleyerek iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlamaktadır (Lal, 2020). Bu durum, zeytin yetiştiriciliğinin yalnızca iklim değişikliğinden etkilenen bir sektör değil, aynı zamanda çözümün bir parçası olabileceğini göstermektedir.

Tüm bu yaklaşımlar değerlendirildiğinde, zeytin yetiştiriciliğinde su yönetimi, agroekolojik uygulamalar ve ara ziraat sistemlerinin entegrasyonu, iklim değişikliğine uyum sağlayan sürdürülebilir üretim modellerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Fraga ve ark., 2021; Altieri et al., 2015).

SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

İklim değişikliği, zeytin yetiştiriciliği açısından yalnızca çevresel bir stres faktörü değil, aynı zamanda mevcut üretim sistemlerinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılan yapısal bir dönüşüm süreci olarak ortaya çıkmaktadır. Artan sıcaklıklar, düzensiz yağış rejimleri ve su kıtlığı, özellikle Akdeniz havzasında geleneksel üretim modellerinin sürdürülebilirliğini giderek daha kırılgan hale getirmektedir (Fraga ve ark., 2021; Darouich ve ark., 2026).

Zeytin yetiştiriciliğinde iklim değişikliğine uyum kapsamında ele alınan uygulamalar genellikle ayrı başlıklar altında değerlendirilmekte olup, bu yaklaşımların entegrasyonu yeterince vurgulanmamaktadır. Oysa toprak organik maddesi yönetimi, su hasadı teknikleri ve agroekolojik uygulamalar birbirinden bağımsız değil, aksine sinerjik etki oluşturan sistem bileşenleridir. Örneğin, örtü bitkisi uygulamaları yalnızca toprak sağlığını iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda yağmur suyu infiltrasyonunu artırarak su hasadı sistemlerinin etkinliğini yükseltmektedir. Benzer şekilde, ara ziraat sistemleri hem biyolojik çeşitliliği artırmakta hem de toprak yüzeyinin korunmasına katkı sağlayarak erozyon riskini azaltmaktadır. Bu nedenle, zeytin yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmek için tekil uygulamalardan ziyade bütüncül ve entegre üretim sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen bulgular, zeytin yetiştiriciliğinde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için tek yönlü yaklaşımların yetersiz kaldığını, bunun yerine **toprak sağlığı, besin yönetimi ve agroekolojik uygulamaların entegre edildiği bütüncül sistemlerin** geliştirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle toprak organik maddesinin artırılması, yalnızca su tutma kapasitesini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda mikrobiyal aktiviteyi destekleyerek besin döngüsünü

düzenlemekte ve bitkilerin stres koşullarına karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Lal, 2020; Blanco-Canqui, 2017).

Besin yönetimi açısından, iklim değişikliği ile birlikte klasik gübreleme yaklaşımlarının yerini daha esnek ve veri temelli stratejilerin alması gerekmektedir. Toprak ve yaprak analizlerine dayalı gübreleme programları, besin kullanım etkinliğini artırarak hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de üretim verimliliğinin korunmasına katkı sağlamaktadır (Fernández-Escobar, 2017; Sardans ve Peñuelas, 2013).

Su yönetimi ve agroekolojik uygulamalar ise, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin en önemli bileşenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Yağmur suyu hasadı, malçlama, örtü bitkisi kullanımı ve ara ziraat sistemleri, toprak neminin korunmasını sağlayarak kuraklık stresini azaltmakta ve üretim sistemlerinin dayanıklılığını artırmaktadır (Stroosnijder, 2003; Gómez et al., 2019). Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerle yapılan ara ziraat uygulamaları, yalnızca ekonomik çeşitlilik sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda agroekosistemin fonksiyonel çeşitliliğini artırarak biyolojik dengeyi desteklemektedir (Altieri et al., 2015).

Bu bağlamda, zeytin yetiştiriciliğinin geleceği, yalnızca verim artışına odaklanan yaklaşımlardan ziyade, **ekosistem temelli ve dayanıklılık odaklı üretim modellerine geçişe bağlıdır**. Agroekolojik sistemlerin yaygınlaştırılması, hem iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltma hem de karbon sekestrasyonu yoluyla iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlama potansiyeline sahiptir (Lal, 2020).

Gelecek çalışmalar açısından, özellikle aşağıdaki alanların öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir:

- Farklı zeytin çeşitlerinin iklim değişikliğine karşı fizyolojik tepkilerinin belirlenmesi

- Su hasadı ve toprak yönetimi uygulamalarının uzun dönemli etkilerinin izlenmesi
- Ara ziraat sistemlerinin verim, kalite ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerinin nicel olarak ortaya konulması
- Dijital tarım ve hassas tarım teknolojilerinin (sensörler, uzaktan algılama vb.) su ve besin yönetimine entegrasyonu

Sonuç olarak, zeytin yetiştiriciliğinde sürdürülebilirliğin sağlanması, iklim değişikliğine uyum sağlayan, kaynak kullanımını optimize eden ve ekosistem hizmetlerini destekleyen yenilikçi üretim sistemlerinin geliştirilmesine bağlıdır. Bu dönüşüm sürecinde, bilimsel araştırmaların saha uygulamaları ile entegre edilmesi, üreticilerin bilinçlendirilmesi ve politika düzeyinde destekleyici mekanizmaların oluşturulması kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>

Blanco-Canqui, H. (2017). Soil health. *Soil Science Society of America Journal*, 81(1), 1–12. <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.07.0218>

Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2009). Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(3), 139–163. <https://doi.org/10.1080/07352680902776507>

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383, 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

Daane, K. M., & Johnson, M. W. (2010). Olive fruit fly: Managing an ancient pest in modern times. *Annual Review of Entomology*, 55, 151–169. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-112408-085500>

du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

Fernández-Escobar, R. (2017). Fertilization of olive trees. *Acta Horticulturae*, 1217, 273–282. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1217.34>

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

Fraga, H., Moriondo, M., Leolini, L., & Santos, J. A. (2021). Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11(1), 56. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010056>

García-Ruiz, R., Ochoa, V., Hinojosa, M. B., & Carreira, J. A. (2013). Sustainable soil management in olive groves. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 168, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.01.011>

Gómez, J. A., Guzmán, M. G., Giráldez, J. V., & Fereres, E. (2014). The influence of cover crops and tillage on soil erosion in olive orchards. *Soil and Tillage Research*, 139, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.02.002>

Gómez, J. A., et al. (2019). Cover crops in olive orchards: Effects on soil and water dynamics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 269, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.026>

Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 124A–129A. <https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.124A>

Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for environmental management: Science, technology and implementation* (2nd ed.). Routledge.

Moriondo, M., Orlandini, S., Ferrise, R., Trombi, G., & Bindi, M. (2015). Climate change impact on olive cultivation in the Mediterranean Basin. *Regional Environmental Change*, 15, 1287–1298. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0675-4>

Ponti, L., Gutierrez, A. P., Ruti, P. M., & Dell'Aquila, A. (2014). Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, 20(6), 201–215. <https://doi.org/10.1111/gcb.12369>

Sardans, J., & Peñuelas, J. (2013). Plant-soil interactions in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 19(2), 327–340. <https://doi.org/10.1111/gcb.12034>

Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A. M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowskyj, P., & Dichio, B. (2010). Net CO₂ storage in Mediterranean olive orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135(1–2), 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.08.004>

Stroosnijder, L. (2003). Technologies for improving rainwater use efficiency in arid regions. *Agricultural Water Management*, 60(3), 253–267. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00194-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00194-3)

Tognetti, R., d’Andria, R., Morelli, G., Calandrelli, D., & Fragnito, F. (2005). Irrigation effects on olive trees. *Plant and Soil*, 273, 249–264. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-7646-2>

Verma, K. K., Song, X. P., Kumari, A., et al. (2025). Climate change adaptation for agriculture. *Plant, Cell & Environment*, 48, 2522–2533. <https://doi.org/10.1111/pce.15078>

Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2014). Agroecology as a science, a movement and a practice. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0184-8>

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM SİSTEMLERİNDE ÇİNKO YÖNETİMİ: TOPRAK, RİZOSFER VE BİTKİ BESLENMESİ PERSPEKTİFİ

Özen MERKEN¹

H. Sevim TURAN²

Meltem AYAZ³

Ayça AKÇA UÇKUN⁴

GİRİŞ

Çinko (Zn), bitkiler için mutlak gerekli mikro besin elementlerinden biri olup, çok sayıda fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler süreçte yapısal, katalitik ve düzenleyici rol oynamaktadır. Zn, özellikle protein sentezi, karbonhidrat metabolizması, nükleik asit oluşumu ve hücre zarının stabilitesi gibi temel süreçlerde görev

¹ Dr. Özen MERKEN, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000 0002 0481 0794

² Dr. H. Sevim TURAN, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000 0003 4266 7420

³ Dr. Meltem AYAZ, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000 0002 2707 4638

⁴ Dr. Ayça AKÇA UÇKUN, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000-0002-5592-496X

alan enzimlerin aktivitesinde kritik bir bileşendir (Broadley ve ark., 2007; Cakmak, 2008).

Dünya genelinde çinko noksanlığı, özellikle kireçli, alkali ve organik maddece fakir topraklarda yaygın olarak görülen ve tarımsal üretimi sınırlayan en önemli mikro besin problemlerinden biridir. Zn'nin toprakta düşük çözünürlüğe sahip olması ve hareketliliğinin sınırlı olması, bitki kökleri tarafından alımını büyük ölçüde zorlaştırmaktadır (Alloway, 2009; Marschner, 2012).

Toprak-bitki sisteminde Zn'nin biyoyararlanımı; toprak pH'sı, kireç içeriği, kil mineralojisi, organik madde miktarı ve diğer besin elementleriyle (özellikle fosfor) olan etkileşimlere bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir (Broadley ve ark., 2007). Yüksek pH koşullarında Zn'nin çözünürlüğü azalmakta ve $ZnCO_3$ gibi çözünmeyen formlar oluşturarak bitki tarafından alımını sınırlandırmaktadır.

Bitkilerde çinko noksanlığı; bodur büyüme, boğum aralarında kısılma, kloroz, yaprak deformasyonları ve fotosentetik kapasitede azalma gibi belirgin morfolojik ve fizyolojik bozukluklara yol açmaktadır. Ayrıca Zn eksikliği, antioksidan enzim sistemlerinin zayıflamasına bağlı olarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) artmasına ve oksidatif stresin yükselmesine neden olmaktadır (Cakmak, 2000).

Son yıllarda Zn gübrelmesi yalnızca verim artışı açısından değil, aynı zamanda ürünlerin besin değerini artırarak insan beslenmesindeki çinko eksikliğini azaltma potansiyeli nedeniyle de önem kazanmıştır (FAO, 2020). Bu kapsamda, Zn gübreleme stratejileri sürdürülebilir tarım sistemlerinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

Bu derlemede, çinkonun toprak-bitki sistemindeki davranışı, bitki fizyolojisindeki rolü, noksanlık mekanizmaları ve güncel

gübreleme yaklaşımları, güncel ve bilimsel literatür ışığında bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprakta Çinko Dinamikleri ve Biyoyararlanım

Toprakta Zn'nin bitkiler tarafından alınabilirliği büyük ölçüde kimyasal formuna ve toprak özelliklerine bağlıdır. Zn, genellikle Zn^{2+} formunda bitkiler tarafından alınmakta olup, toprak çözeltisindeki konsantrasyonu oldukça düşüktür ve bu durum Zn'yi bitkiler açısından sınırlayıcı bir element haline getirmektedir (Marschner, 2012).

Toprak pH'sı, Zn biyoyararlanımını belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Özellikle pH'nın 7.5'in üzerine çıktığı alkali topraklarda Zn çözünürlüğü önemli ölçüde azalmakta ve Zn karbonat ve hidroksit formlarında çökelmektedir (Alloway, 2009). Bu durum Akdeniz iklim kuşağında yaygın olan kireçli topraklarda Zn eksikliğinin sık görülmesinin temel nedenidir.

Bunun yanında, fosfor ile Zn arasında antagonistik bir ilişki bulunmaktadır. Yüksek fosfor uygulamaları, Zn'nin bitki tarafından alınımını azaltarak Zn noksanlığını şiddetlendirebilmektedir (Broadley ve ark., 2007).

Organik madde ise Zn biyoyararlanımını çift yönlü etkileyebilmektedir. Düşük molekül ağırlıklı organik bileşikler Zn'nin hareketliliğini artırırken, yüksek molekül ağırlıklı kompleksler Zn'yi bağlayarak bitkiye yararlılığını azaltabilmektedir (McLaughlin ve ark., 1999).

Bitkide Çinkonun Fizyolojik Rolü

Çinko, bitkilerde 300'den fazla enzimin aktivitesinde rol oynayan temel bir mikro elementtir. Özellikle RNA polimeraz, süperoksit dismutaz (SOD) ve alkol dehidrogenaz gibi enzimlerin

yapısında yer alarak metabolik süreçlerin düzenlenmesinde görev almaktadır (Cakmak, 2008).

Zn ayrıca triptofan sentezi üzerinden oksin (IAA) üretiminde rol oynayarak hücre bölünmesi ve uzamasını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle Zn eksikliği durumunda bitkilerde bodur büyüme ve gelişme geriliği görülmektedir.

Bunun yanı sıra Zn, hücre zarlarının stabilitesinde önemli rol oynar ve membran geçirgenliğini düzenler. Zn eksikliği durumunda membran bütünlüğü bozulmakta ve iyon sızıntısı artmaktadır (Cakmak, 2000).

Çinko ve Abiyotik Stres Toleransı

Çinko, bitkilerin kuraklık, tuzluluk ve yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres koşullarına karşı dayanıklılığında önemli rol oynamaktadır. Zn, antioksidan savunma sistemini güçlendirerek süperoksit dismutaz (SOD) gibi enzimlerin aktivitesini artırmakta ve reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerini azaltmaktadır (Cakmak, 2000).

Araştırmalar, Zn uygulamalarının özellikle kuraklık koşullarında su kullanım etkinliğini artırdığını ve fotosentetik performansını iyileştirdiğini göstermektedir (Hussain ve ark., 2012).

Tuzluluk koşullarında ise Zn, iyon dengesini düzenleyerek Na⁺ toksisitesini azaltmakta ve bitki büyümesini desteklemektedir (Tavallali ve ark., 2010).

Çinko Noksanlığı Belirtileri

Zn eksikliği genellikle genç yapraklarda damar arası kloroz şeklinde ortaya çıkar. Bunun nedeni, Zn'nin bitki bünyesinde hareket kabiliyetinin düşük olmasıdır.

İleri düzey eksikliklerde:

- Boğum araları kısalmır
- Yapraklar küçülür ve rozetleşir
- Sürgün gelişimi durur
- Verim ve kalite önemli ölçüde düşer

(Cakmak, 2008; Marschner, 2012)

Çinko Gübreleme Stratejileri

Zn gübrelemesinde en yaygın kullanılan formlar:

- Çinko sülfat ($ZnSO_4$)
- Şelatlı Zn (Zn-EDTA)
- Nano Zn formlarıdır

Topraktan uygulamalar uzun vadeli etki sağlarken, yapraktan uygulamalar hızlı sonuç vermektedir (Alloway, 2009).

Son yıllarda nanoteknolojik uygulamalar, Zn kullanım etkinliğini artırma potansiyeli nedeniyle dikkat çekmektedir. Nano Zn uygulamaları daha düşük dozlarla yüksek etkinlik sağlayabilmektedir (Ahmad ve ark., 2023).

Tablo 1: Zn eksikliği vs yeterli Zn

Parametre	Zn Eksikliği	Yeterli Zn
Büyüme	Bodur	Normal
Yaprak	Kloroz	Sağlıklı
Fotosentez	Düşük	Yüksek
Verim	Az	Yüksek

Rhizosfer Süreçleri ve Çinko Alım Mekanizmaları

Bitkilerin Zn alımı yalnızca toprak çözeltisindeki Zn^{2+} konsantrasyonuna bağlı olmayıp, aynı zamanda kök-toprak etkileşimleri (rhizosfer süreçleri) tarafından da belirlenmektedir. Bitki kökleri tarafından salgılanan organik asitler (sitrat, malat), protonlar (H^+) ve fitosideroforlar, Zn'nin çözünürlüğünü artırarak bitkiye yarayırlılığını yükseltmektedir (Marschner, 2012).

Özellikle Gramineae familyasına ait bitkilerde fitosiderofor salınımı Zn ve Fe alımında kritik rol oynamaktadır. Bu bileşikler Zn ile kompleks oluşturarak kök yüzeyine taşınmasını kolaylaştırmaktadır (Broadley ve ark., 2007).

Ayrıca, mikorizal funguslar Zn alımında önemli bir rol oynamakta olup, kök yüzey alanını artırarak Zn'nin daha geniş bir toprak hacminden alınmasını sağlamaktadır. Arbusküler mikorizal (AMF) ilişkiler, Zn eksikliği koşullarında bitki büyümesini ve besin alımını önemli ölçüde iyileştirmektedir (Smith ve Read, 2008).

Çinko ve İnsan Beslenmesi

Çinko, yalnızca bitki büyümesi açısından değil, aynı zamanda insan sağlığı açısından da kritik öneme sahiptir. Dünya genelinde yaklaşık 2 milyar insanın çinko eksikliği riski altında olduğu bildirilmektedir (FAO, 2020).

Tarımda Zn gübrelenmesi yoluyla bitkisel ürünlerin Zn içeriğinin artırılması, “agronomik biofortifikasyon” olarak tanımlanmakta olup, özellikle tahıl bazlı beslenmenin yaygın olduğu bölgelerde insan beslenmesinin iyileştirilmesinde etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir (Cakmak, 2008).

Bu bağlamda, Zn gübrelenmesi yalnızca verim artışı değil, aynı zamanda gıda kalitesinin artırılması açısından da değerlendirilmelidir.

Akdeniz Koşulları ve Zeytin Yetiştiriciliğinde Çinko

Akdeniz iklim kuşağında yaygın olarak görülen kireçli ve alkali topraklar, Zn biyoyararlanımının düşük olduğu sistemlerdir. Bu durum, özellikle zeytin (*Olea europaea* L.) yetiştiriciliğinde Zn noksanlığının yaygın görülmesine neden olmaktadır.

Zeytin ağaçlarında Zn eksikliği;

- küçük ve dar yaprak oluşumu
- rozetleşme
- sürgün gelişiminde gerileme
- meyve tutumunda azalma

gibi belirtilerle kendini göstermektedir.

Zeytin yetiştiriciliğinde Zn gübrelemesi genellikle:

- erken ilkbaharda yapraktan uygulama
- çiçeklenme öncesi destek uygulamalar

şeklinde önerilmektedir.

Ayrıca, kuraklık koşullarında Zn uygulamalarının su kullanım etkinliğini artırdığı ve fotosentetik performansı iyileştirdiği bildirilmektedir (Tognetti ve ark., 2005).

Besin Elementleri Arası Etkileşimler

Bitki besleme programlarında Zn'nin etkinliği, diğer besin elementleri ile olan etkileşimlerine bağlıdır.

Antagonistik ilişkiler:

- Zn – P → yüksek P → Zn alımı azalır
- Zn – Fe → rekabet
- Zn – Cu → benzer alım mekanizması

Sinerjik ilişkiler:

- Zn – N → protein sentezi artar
- Zn – K → stres toleransı artar

Bu nedenle Zn gübrelemesi tek başına değil, dengeli besleme programı içerisinde değerlendirilmelidir (Alloway, 2009).

Çinko Yönetiminde Entegre Yaklaşım Modeli

Çinko yönetimi, yalnızca gübreleme uygulamaları ile sınırlı bir süreç olmayıp, toprak, bitki ve biyolojik faktörlerin birlikte değerlendirildiği bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu kapsamda, Zn biyoyararlanımını artırmaya yönelik entegre bir modelin geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Bu model üç temel bileşenden oluşmaktadır:

Toprak Yönetimi:

Toprak pH'sının düzenlenmesi, organik madde miktarının artırılması ve uygun toprak işleme teknikleri, Zn çözünürlüğünü doğrudan etkileyen faktörlerdir. Özellikle organik madde ilavesi, Zn'nin şelatlanmasını ve kök bölgesinde daha uzun süre yararlı kalmasını sağlamaktadır (Alloway, 2009).

Bitki Temelli Yaklaşımlar:

Bitki türü ve çeşidine bağlı olarak Zn alım kapasitesi değişmektedir. Kök mimarisi, kök salgıları ve genetik özellikler, Zn alım etkinliğinde belirleyici rol oynamaktadır (Marschner, 2012).

Biyolojik Faktörler:

Mikorizal mantarlar ve rizosfer mikroorganizmaları, Zn'nin çözünürlüğünü artırarak bitkiye alımını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle, biyolojik aktivitenin desteklenmesi Zn yönetiminin önemli bir bileşenidir (Smith ve Read, 2008).

Bu üç bileşenin birlikte değerlendirilmesi, Zn gübreleme etkinliğini artırarak sürdürülebilir tarım sistemlerine önemli katkılar sağlayacaktır.

SONUÇ

Çinko (Zn), bitki üretim sistemlerinde hem verim hem de kalite açısından kritik öneme sahip bir mikro besin elementidir.

Özellikle alkali ve kireçli toprak koşullarında Zn biyoyararlanımının düşük olması, bu elementin sürdürülebilir tarım açısından stratejik bir öneme sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Alloway, 2009; Marschner, 2012).

Günümüzde Zn gübreleme yaklaşımları, geleneksel uygulamalardan daha hedef odaklı ve etkinliği artırılmış sistemlere doğru evrilmektedir. Özellikle yapraktan uygulamalar, şelatlı Zn formları ve nanoteknolojik yaklaşımlar, Zn kullanım etkinliğini artırmada önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yeni nesil uygulamalar, düşük dozlarla daha yüksek bitki alımı sağlayarak hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Ahmad ve ark., 2023).

Bununla birlikte, Zn yönetiminin yalnızca gübreleme stratejileri ile sınırlı kalmaması, toprak-bitki-mikroorganizma etkileşimlerini içeren bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Rhizosfer süreçleri, mikorizal ilişkiler ve organik madde yönetimi, Zn biyoyararlanımını artırmada önemli bileşenler olarak öne çıkmaktadır (Marschner, 2012).

Ayrıca Zn gübrelenmesi, yalnızca bitki verimliliğini artırmakla kalmayıp, ürünlerin besin değerini iyileştirerek insan beslenmesinde yaygın olan çinko eksikliğinin azaltılmasına da katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle Zn yönetimi, tarımsal üretim ile insan sağlığı arasında köprü kuran kritik bir araç olarak değerlendirilmektedir (Cakmak, 2008; FAO, 2020).

Bu bağlamda, çinko yönetimine yönelik geliştirilecek bölgeye özgü ve sistem temelli yaklaşımlar, yalnızca mevcut verimlilik sorunlarının çözümüne değil, aynı zamanda iklim değişikliği koşullarında tarımsal sistemlerin dayanıklılığının artırılmasına da katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmaların, çinko döngüsünü agroekosistem düzeyinde ele alan disiplinler arası yaklaşımlara odaklanması gerekmektedir.

Gelecekte, Zn yönetiminin agroekolojik yaklaşımlar ile entegre edilmesi; toprak sağlığının korunması, biyolojik çeşitliliğin artırılması ve dış girdilere bağımlılığın azaltılması açısından önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Akdeniz iklim koşullarında yaygın olan kireçli topraklarda, Zn yönetimine yönelik bölgeye özgü stratejilerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, Zn'nin bitki besleme programlarında dengeli ve bilinçli bir Şekilde yönetilmesi, hem verim ve kalite artışı hem de sürdürülebilir tarım hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından vazgeçilmez bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Ahmad, W., Zou, Z., Awais, M., Munsif, F., Khan, A., Nepal, J., Khan, H. (2023). Seed-primed and foliar oxozinc nanofiber application increased wheat production and Zn biofortification in calcareous-alkaline soil. *Agronomy*, 13(2), 400.

Alloway, B.J. (2008). *Zinc in Soils and Crop Nutrition* (2nd ed.). International Zinc Association, Brussels.

Alloway, B.J. (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*, 31, 537–548.

Barrow, N.J. (1986). Testing a mechanistic model. II. The effects of time and temperature on the reaction of zinc with a soil. *Journal of Soil Science*, 37(2), 277–286.

Broadley, M.R., White, P.J., Hammond, J.P., Zelko, I., Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, 173(4), 677–702.

White, P.J., Broadley, M.R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets. *New Phytologist*, 182(1), 49–84.

Cakmak, I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146(2), 185–205.

Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302, 1–17.

Cakmak, I., Kutman, U.B. (2018). Agronomic biofortification of cereals with zinc: A review. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 172–180.

FAO (2020). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Hussain, S., Khan, F., Cao, W., Wu, L., Geng, M. (2012). Seed priming with zinc improves the growth and yield of wheat under drought conditions. *Field Crops Research*, 132, 1–7.

Imran, M., Rehim, A., Sarwar, N., Hussain, S. (2016). Zinc nutrition in plants: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 39(5), 663–679.

Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press, London.

McLaughlin, M.J., Parker, D.R., Clarke, J.M. (1999). Metals and micronutrients – food safety issues. *Field Crops Research*, 60(1–2), 143–163.

Smith, S.E., Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press, London.

Tavallali, V., Rahemi, M., Eshghi, S., Kholdebarin, B., Ramezani, A. (2010). Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in pistachio (*Pistacia vera* L.). *Scientia Horticulturae*, 125(3), 329–334.

Tognetti, R., d'Andria, R., Sacchi, R., Lavini, A., Morelli, G., Alvino, A. (2005). Deficit irrigation affects seasonal changes in leaf physiology and oil quality of olive (*Olea europaea* L.). *Annals of Applied Biology*, 147(3), 209–218.

ZEYTİNLİKLERDE OTSU ÖRTÜ YÖNETİMİ VE AGROEKOLOJİK DÖNÜŞÜM: TOPRAK SAĞLIĞI, BİYOÇEŞİTLİLİK VE İKLİM DİRENCİ

Ayça AKÇA UÇKUN¹

GİRİŞ

Zeytin (*Olea europaea* L.), Akdeniz havzasının en önemli tarımsal türlerinden biri olup, yarı kurak ve kurak iklim koşullarında sürdürülebilir üretim açısından kritik bir rol oynamaktadır. Ancak son yıllarda iklim değişikliği, artan sıcaklıklar, düzensiz yağış rejimleri ve toprak bozunumu gibi faktörler, zeytin yetiştiriciliğinde verimlilik ve ekosistem sürdürülebilirliği üzerinde önemli baskılar oluşturmaktadır (Moriondo et al., 2015; Ponti et al., 2014).

Geleneksel zeytinlik yönetiminde yaygın olarak uygulanan yoğun toprak işleme ve çıplak toprak bırakma stratejileri, kısa vadede yabancı ot kontrolü sağlasa da uzun vadede toprak erozyonu, organik madde kaybı, su tutma kapasitesinde azalma ve biyolojik çeşitliliğin düşmesine neden olmaktadır (Gómez et al., 2014; Novara et al., 2021). Özellikle eğimli arazilerde kurulu zeytinliklerde bu

¹ Dr. Ayça AKÇA UÇKUN, İzmir Zeytincilik Araş. Enst. Müdürlüğü, Orcid: 0000-0002-5592-496X

etkiler daha belirgin hale gelmekte ve toprak kayıpları ciddi boyutlara ulaşabilmektedir.

Bu bağlamda, sürdürülebilir tarım sistemleri kapsamında **otsu örtü yönetimi (cover cropping veya spontaneous vegetation management)**, zeytinliklerde alternatif bir toprak yönetim stratejisi olarak öne çıkmaktadır. Otsu örtü uygulamaları, yalnızca yabancı ot kontrolü sağlamamakta; aynı zamanda toprak koruma, karbon sekestrasyonu, besin döngüsünün düzenlenmesi, su yönetimi ve biyolojik çeşitliliğin artırılması gibi çok yönlü ekosistem hizmetleri sunmaktadır (Sofu et al., 2010; Wezel et al., 2014).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, zeytinliklerde otsu örtü kullanımının hem üretim sisteminin ekolojik dayanıklılığını artırdığını hem de tarımsal sürdürülebilirliğe katkı sağladığını ortaya koymaktadır (López-Bellido et al., 2020; Rodríguez et al., 2021). Bununla birlikte, otsu örtü uygulamalarının etkileri; iklim koşulları, su durumu, toprak özellikleri ve yönetim stratejilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, zeytinliklerde otsu örtü yönetiminin ekosistem üzerindeki etkilerini güncel ve bilimsel literatürler ışığında değerlendirmek ve sürdürülebilir zeytin yetiştiriciliği açısından bu uygulamanın potansiyelini ortaya koymaktır.

Geleneksel Zeytinlik Yönetiminin Sorunları

Akdeniz havzasındaki geleneksel zeytin yetiştiriciliğinde, yabancı ot kontrolü amacıyla yoğun toprak işleme ve çıplak toprak bırakma uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar kısa vadede üretim açısından avantaj sağlasa da uzun vadede toprak sağlığı ve ekosistem fonksiyonları üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (Gómez et al., 2014).

Toprak işleme uygulamaları, toprak agregat yapısını bozarak yüzey akışını artırmakta ve özellikle eğimli arazilerde erozyon

riskini önemli ölçüde yükseltmektedir. Yapılan çalışmalar, geleneksel işleme uygulamalarının zeytinliklerde yüksek miktarda toprak kaybına neden olduğunu ve bu kaybın sürdürülebilir üretim açısından ciddi bir tehdit oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Durán Zuazo & Rodríguez Pleguezuelo, 2008). Ayrıca, çıplak toprak yüzeyi yağışın doğrudan etkisine maruz kaldığından, yağmur damlalarının kinetik enerjisi toprak parçacıklarının ayrışmasını hızlandırmaktadır.

Yoğun toprak işleme aynı zamanda toprak organik madde içeriğinin azalmasına neden olmaktadır. Organik maddenin azalması, toprak yapısının zayıflamasına, su tutma kapasitesinin düşmesine ve mikrobiyal aktivitenin gerilemesine yol açmaktadır (Novara et al., 2021). Bu durum, özellikle yarı kurak koşullarda zeytin ağaçlarının stres toleransını azaltarak verim üzerinde olumsuz etki yaratabilmektedir.

Geleneksel sistemlerde yaygın olarak kullanılan herbisitler ise kısa vadede yabancı ot kontrolü sağlasa da uzun vadede toprak biyotasını olumsuz etkileyebilmekte ve ekosistem hizmetlerinin zayıflamasına neden olabilmektedir (Gómez et al., 2018). Herbisit kullanımının azaltılması, sürdürülebilir tarım sistemleri açısından önemli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

Bunun yanı sıra, çıplak toprak yönetimi biyolojik çeşitliliğin azalmasına da yol açmaktadır. Bitki örtüsünün ortadan kaldırılması, birçok faydalı organizma için habitat kaybına neden olmakta ve doğal dengeyi bozarak zararlı popülasyonlarının artmasına zemin hazırlayabilmektedir (Rodríguez et al., 2021).

Sonuç olarak, geleneksel zeytinlik yönetiminde uygulanan yoğun toprak işleme ve herbisit temelli yabancı ot kontrol stratejileri, kısa vadeli faydalarına rağmen uzun vadede toprak sağlığı, su yönetimi ve biyolojik çeşitlilik açısından sürdürülebilir değildir. Bu durum, alternatif ve ekolojik temelli yönetim yaklaşımlarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Otsu Örtü Yönetimi ve Ekosistem

Zeytinliklerde otsu örtü yönetimi, geleneksel çıplak toprak uygulamalarına alternatif olarak geliştirilen ve çok yönlü ekosistem sunan sürdürülebilir bir toprak yönetim stratejisidir. Otsu örtü, toprak yüzeyini kaplayarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri doğrudan etkilemekte ve agroekosistemlerin işleyişinde önemli rol oynamaktadır (Sofu et al., 2010; Wezel et al., 2014).

Toprak Erozyonu ve Fiziksel Koruma

Otsu örtü bitkileri, toprak yüzeyini kaplayarak yağmur damlalarının doğrudan etkisini azaltmakta ve yüzey akışını sınırlandırmaktadır. Bu durum, özellikle eğimli arazilerde erozyonun kontrol altına alınmasında kritik bir rol oynamaktadır (Gómez et al., 2014).

Akdeniz koşullarında yürütülen çalışmalar, otsu örtü uygulamalarının toprak kaybını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Örtü bitkilerinin kök sistemi, toprağın stabilitesini artırarak agregat oluşumunu desteklemekte ve infiltrasyonu iyileştirmektedir (Durán Zuazo & Rodríguez Pleguezuelo, 2008). Ayrıca, heterojen örtü sistemlerinin yüzey akışını azaltarak sediment taşınımını düşürdüğü rapor edilmiştir (Gómez et al., 2018).

Toprak Organik Madde ve Karbon Sekestrasyonu

Otsu örtü uygulamaları, toprağa sürekli organik materyal girdisi sağlayarak toprak organik karbon içeriğini artırmaktadır. Bu artış, toprak yapısının iyileşmesine ve su tutma kapasitesinin yükselmesine katkı sağlamaktadır (López-Bellido et al., 2020).

Uzun dönemli çalışmalar, örtü bitkilerinin karbon sekestrasyonu açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve zeytinliklerin karbon yutağı olarak işlev görebileceğini ortaya koymaktadır (Márquez-García et al., 2013). Bu durum, tarım

sistemlerinin iklim değişikliği ile mücadelede aktif rol oynayabileceğini göstermektedir.

Besin Döngüsü ve Toprak Verimliliği

Otsu örtü bitkileri, özellikle baklagil türleri aracılığıyla atmosferik azotu bağlayarak toprağa kazandırmaktadır. Ayrıca, bitki biyokütlesinin parçalanmasıyla makro ve mikro besin elementlerinin döngüsü hızlanmakta ve toprak verimliliği artmaktadır (Sofu et al., 2010).

Yapılan çalışmalar, örtü bitkilerinin önemli miktarda azot, fosfor ve potasyumu bünyelerinde depolayarak toprak sistemine geri kazandırdığını göstermektedir (Torrús-Castillo et al., 2022). Bu durum, kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Biyoeçitlilik ve Ekosistem Fonksiyonları

Otsu örtü, zeytinliklerde bitkisel ve faunistik çeşitliliğin artmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle arthropodlar, tozlayıcılar ve doğal düşmanlar için uygun habitat oluşturarak ekosistem dengesini güçlendirmektedir (Rodríguez et al., 2021).

Örtü bitkilerinin çiçeklenme döneminde sağladığı polen ve nektar kaynakları, zararlı böceklerin doğal düşmanlarının popülasyonlarını desteklemekte ve biyolojik mücadeleyi teşvik etmektedir (Villa et al., 2020). Bu durum, pestisit kullanımının azaltılmasına katkı sağlayabilecek önemli bir mekanizma olarak değerlendirilmektedir.

Su Yönetimi ve Hidrolojik Etkiler

Zeytin yetiştiriciliğinde su, en önemli sınırlayıcı faktörlerden biridir. Otsu örtü uygulamaları, toprak yapısını iyileştirerek su infiltrasyonunu artırmakta ve yüzey buharlaşmasını azaltmaktadır (Fereres & Soriano, 2007).

Ancak, özellikle kurak dönemlerde otsu bitkiler ile zeytin ağaçları arasında su rekabeti oluşabilmektedir. Bu nedenle, örtü bitkilerinin yönetimi (biçme zamanı, yoğunluk ve tür seçimi) büyük önem taşımaktadır (Novara et al., 2021). Uygun yönetim stratejileri ile su rekabeti minimize edilebilirken, yanlış uygulamalar verim kayıplarına yol açabilmektedir.

Zeytinliklerde Otsu Türlerin Fonksiyonel Rolü

Zeytinliklerde bulunan otsu bitkiler, geleneksel yaklaşımlarda çoğunlukla “yabancı ot” olarak değerlendirilmekte ve kontrol edilmesi gereken unsurlar olarak görülmektedir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, bu bitkilerin önemli bir kısmının agroekosistem içerisinde fonksiyonel roller üstlendiğini ve çeşitli ekosistem hizmetlerine katkı sağladığını ortaya koymaktadır (Sofa et al., 2010; Rodríguez et al., 2021).

Otsu türlerin ekosistem üzerindeki etkileri; bitki türü, yaşam döngüsü, kök sistemi ve kimyasal bileşimleri gibi özelliklerine bağlı olarak değişmekte olup, bu türler genel olarak besin döngüsü, biyolojik mücadele, toprak koruma ve karbon birikimi gibi süreçlerde rol oynamaktadır.

Azot Fiksasyonu ve Besin Döngüsü

Baklagil familyasına ait otsu türler, simbiyotik bakteriler aracılığıyla atmosferik azotu bağlayarak toprağa kazandırmaktadır. Bu durum, toprak azot içeriğinin artmasına ve bitki besleme açısından önemli bir katkı sağlamaktadır (Sofa et al., 2010).

Özellikle *Trifolium spp.* ve *Vicia spp.* gibi türler, zeytinliklerde örtü bitkisi olarak kullanıldığında hem azot fiksasyonu sağlamak hem de organik madde birikimini artırmaktadır. Bu süreç, uzun vadede kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına olanak tanımaktadır.

Toprak Koruma ve Fiziksel Stabilit e

Buğdaygil (Poaceae) familyasına ait türler, yoğun kök sistemleri sayesinde toprak yüzeyini kaplayarak erozyon riskini azaltmaktadır. Bu türler, özellikle eğimli arazilerde toprağın yerinde tutulmasında önemli rol oynamaktadır (G mez et al., 2014).

Örneğin, *Dactylis glomerata* ve benzeri türler, yüzey akışını azaltarak toprak kaybını sınırlandırmakta ve su infiltrasyonunu artırmaktadır.

Biyolojik Mücadele ve Ekolojik Etkileşimler

Bazı otsu türler, zararlı organizmaların doğal düşmanları için habitat oluşturarak biyolojik mücadeleyi desteklemektedir. Özellikle iekli bitkiler, predatör ve parasitoid böcekler için nektar ve polen kaynağı sağlamaktadır (Villa et al., 2020).

Örneğin, *Dittrichia viscosa* türünün, zeytin sineği (*Bactrocera oleae*) gibi zararlılara karşı doğal düşman popülasyonlarını desteklediği bildirilmiştir (Ponti et al., 2014). Bu tür etkileşimler, kimyasal mücadeleye olan bağımlılığı azaltabilecek doğal mekanizmalar sunmaktadır.

Allelopatik ve Biyofumigasyon Etkileri

Bazı otsu bitkiler, kök salgıları veya parçalanma ürünleri aracılığıyla toprakta patojen organizmaları baskılayabilmektedir. Bu durum, özellikle toprak kaynaklı hastalıkların kontrolünde önemli bir avantaj sağlamaktadır (Rodr guez et al., 2021).

Örneğin, Brassicaceae familyasına ait *Sinapis alba* gibi türler, biyofumigasyon etkisi ile *Verticillium dahliae* gibi patojenlerin baskılanmasında rol oynayabilmektedir. Bu mekanizma, kimyasal fungusit kullanımına alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Zeytinliklerde Yaygın Otsu Türler ve Fonksiyonları

Zeytinliklerde doğal olarak gelişen otsu türler, fonksiyonel özelliklerine göre farklı ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Bu türlerin sistematik olarak değerlendirilmesi, sürdürülebilir yönetim stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemlidir.

Tablo 1. Zeytinliklerde yaygın otsu türler ve ekosistem fonksiyonları

Tür	Latince adı	Fonksiyon
Üçgül	<i>Trifolium spp.</i>	Azot fiksasyonu
Fiğ	<i>Vicia spp.</i>	Azot fiksasyonu
Yabani hardal	<i>Sinapis alba</i>	Biyofumigasyon
Anduz otu	<i>Dittrichia viscosa</i>	Predatör destek
Ayrık otu	<i>Agropyron repens</i>	Toprak stabilizasyonu
Rezene	<i>Foeniculum vulgare</i>	Faydalı böcek çekimi
Papatya	<i>Matricaria chamomilla</i>	Biyoeçitlilik artışı
Hodan	<i>Borago officinalis</i>	Tozlayıcı destek

Otsu Örtü ve Su Rekabeti: Sınırlamalar ve Riskler

Zeytinliklerde otsu örtü uygulamaları birçok ekosistem hizmeti sunmasına rağmen, bu sistemlerin etkileri her koşulda olumlu olmayabilir. Özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde suyun sınırlayıcı faktör olduğu koşullarda, otsu bitkiler ile zeytin ağaçları arasında rekabet oluşabilmektedir (Fereres & Soriano, 2007).

Tablo 2. Otsu örtü yönetiminin avantajları ve potansiyel riskleri

Etki alanı	Avantajlar	Riskler
Toprak	Erozyon azalır	Aşırı örtü → yüzey kuruma
Karbon	Organik madde artar	Yönetimsiz sistem → fayda azalır
Su	İnfiltrasyon artar	Su rekabeti
Biyoeçitlilik	Faydalı böcek artar	Tür seçimi hatası
Verim	Uzun vadede stabilite	Kısa vadede düşüş olabilir

Otsu örtü bitkileri, büyüme dönemlerinde toprakta bulunan suyu aktif şekilde tüketmekte ve özellikle ilkbahar aylarında su talebi artmaktadır. Bu durum, zeytin ağaçlarının sürgün gelişimi ve çiçeklenme dönemine denk geldiğinde verim üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Nitekim bazı çalışmalar, kontrolsüz otsu örtü uygulamalarının su kısıtlı koşullarda verim düşüşüne neden olabileceğini göstermektedir (Novara et al., 2021).

Bununla birlikte, otsu örtü uygulamalarının su rekabeti üzerindeki etkisi, örtü bitkisinin türüne, yoğunluğuna ve yönetim zamanlamasına bağlı olarak değişmektedir. Derin köklü türler ile yüzeysel köklü türlerin su kullanımını farklılık göstermekte, bu durum zeytin ağaçları ile olan rekabet düzeyini etkilemektedir. Ayrıca, otsu örtünün kontrolsüz şekilde gelişmesi, özellikle genç zeytinliklerde kök gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir.

Öte yandan, uygun yönetim stratejileri ile otsu örtü uygulamalarının su üzerindeki olumsuz etkileri minimize edilebilmektedir. Özellikle ilkbahar sonu veya yaz başlangıcında yapılan biçme uygulamaları, otsu bitkilerin su tüketimini azaltarak zeytin ağaçlarının suya erişimini artırmaktadır (Sastre et al., 2020). Ayrıca, örtü yoğunluğunun kontrol edilmesi ve tür seçiminin doğru yapılması, su rekabetinin dengelenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bazı çalışmalar, kontrollü otsu örtü uygulamalarının uzun vadede toprak yapısını iyileştirerek su infiltrasyonunu artırdığını ve bu sayede toprakta depolanan su miktarının artmasına katkı sağladığını göstermektedir (Novara et al., 2021). Bu durum, kısa vadeli rekabet etkilerine rağmen uzun vadede sistemin su kullanım etkinliğini artırabileceğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, otsu örtü uygulamaları zeytinliklerde önemli ekosistem hizmetleri sunmasına rağmen, su kısıtlı koşullarda dikkatli yönetilmesi gereken bir uygulamadır. Bu nedenle, örtü

bitkisi yönetiminin bölgesel iklim koşulları, toprak özellikleri ve zeytinliğin yaşı dikkate alınarak planlanması gerekmektedir.

Sürdürülebilir Otsu Örtü Yönetim Stratejileri

Zeytinliklerde otsu örtü uygulamalarının başarılı olabilmesi, uygun tür seçimi, doğru zamanlama ve sistematik yönetim stratejilerinin uygulanmasına bağlıdır. Kontrolsüz otsu örtü gelişimi, su ve besin rekabeti gibi olumsuz etkiler oluşturabilirken, iyi planlanmış bir yönetim yaklaşımı bu riskleri minimize ederek ekosistem hizmetlerini maksimize edebilmektedir (Wezel et al., 2014).

Mekânsal Yönetim: Sıra Arası ve Ağaç Altı Uygulamaları

Sürdürülebilir otsu örtü yönetiminde en yaygın yaklaşım, sıra aralarında otsu örtünün korunması ve ağaç taç izdüşümü altında rekabetin azaltılmasıdır. Bu sistemde, zeytin ağaçlarının doğrudan kök bölgesinde su ve besin rekabeti minimize edilirken, sıra aralarında otsu örtünün sağladığı ekosistem hizmetlerinden faydalanılmaktadır (Arias-Giraldo et al., 2021).

Bu yöntem, özellikle eğimli arazilerde erozyon kontrolü açısından önemli avantajlar sağlamaktadır.

Tür Seçimi ve Bitki Kompozisyonu

Otsu örtü yönetiminde kullanılacak türlerin seçimi, sistemin başarısını doğrudan etkilemektedir. Farklı bitki gruplarının birlikte kullanılması, ekosistem hizmetlerinin çeşitlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

- **Baklagiller (Fabaceae):** Azot fiksasyonu (ör. *Trifolium spp.*, *Vicia spp.*)
- **Buğdaygiller (Poaceae):** Erozyon kontrolü ve toprak stabilitesi
- **Çiçekli türler:** Tozlayıcı ve faydalı böcek desteği

Karışım ekimleri, tek tür ekimlere kıyasla daha dengeli bir sistem oluşturmakta ve biyolojik çeşitliliği artırmaktadır (Sofu et al., 2010).

Zamanlama ve Biçme Yönetimi

Otsu örtü yönetiminde biçme zamanı kritik bir faktördür. Özellikle ilkbahar sonu veya yaz başlangıcında yapılan biçme işlemleri, otsu bitkilerin su tüketimini azaltarak zeytin ağaçlarının suya erişimini artırmaktadır (Sastre et al., 2020).



Şekil 1. TAGEM projesi kapsamında yürütölen “tbbi ve aromatik bitkilerle zeytin ara ziraati” uygulamasına ait saha göröntüsü (2025). Görselde, sıra aralarında otsu örtü ve tbbi-aromatik bitki şeritleri oluşturulmuş, ağaç taç izdüşümünde rekabetin azaltılması amacıyla yüzey örtüsü kontrol edilmiştir. Bu uygulama, toprak koruma, su yönetimi ve biyoçeşitlilik açısından sürdürülebilir bir üretim sistemine örnekteşkil etmektedir (Fotoğraf: Dr. Ayça Akça Uçkun)

Ayrıca, biçilen bitkilerin toprak yüzeyinde bırakılması, malç etkisi oluşturarak:

- Buharlaşmayı azaltmakta
- Toprak nemini korumakta
- Organik madde birikimini artırmaktadır

Toprak İşleme ve Herbisit Kullanımının Azaltılması

Modern sürdürülebilir zeytinlik yönetiminde, minimum toprak işleme ve herbisit kullanımının azaltılması temel hedefler arasında yer almaktadır. Otsu örtü uygulamaları, bu hedeflere ulaşmada önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Gómez et al., 2018).

Toprak işlemenin azaltılması, toprak yapısının korunmasına ve karbon kayıplarının önlenmesine katkı sağlarken; herbisit kullanımının azaltılması, toprak biyotasının korunmasına ve ekosistem dengesinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Bölgesel ve İklimsel Uyum

Otsu örtü yönetimi, tek tip bir uygulama olarak değerlendirilmemeli; bölgesel iklim koşulları, yağış miktarı, toprak yapısı ve zeytinliğin yaşı dikkate alınarak planlanmalıdır.

Özellikle:

- Kurak bölgelerde düşük rekabetli türler tercih edilmeli
- Genç bahçelerde otsu örtü yoğunluğu kontrol edilmelidir
- Yağışlı bölgelerde daha yoğun örtü sistemleri uygulanabilir

Bu yaklaşım, sistemin hem verim hem de ekosistem hizmetleri açısından optimize edilmesini sağlamaktadır (Novara et al., 2021).

SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFLER

Zeytinliklerde otsu örtü yönetimi, geleneksel çıplak toprak ve yoğun toprak işleme uygulamalarına kıyasla çok yönlü ekosistem hizmetleri sunan sürdürülebilir bir tarım yaklaşımıdır. Mevcut literatür bulguları, otsu örtü uygulamalarının toprak erozyonunu önemli ölçüde azalttığını, toprak organik madde ve karbon içeriğini artırdığını, besin döngüsünü desteklediğini ve biyolojik çeşitliliği

geliştirdiğini açıkça ortaya koymaktadır (Gómez et al., 2014; López-Bellido et al., 2020; Rodríguez et al., 2021).



Şekil 2. Zeytinliklerde otsu örtü yönetiminin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini gösteren kavramsal infografik. Geleneksel çıplak toprak yönetimi ile karşılaştırıldığında, otsu örtü uygulamaları toprak erozyonunu azaltmakta, organik madde ve karbon sekestrasyonunu artırmakta, toprak biyotasını ve biyoçeşitliliği desteklemekte ve su yönetimini iyileştirmektedir. Ayrıca, uygun biçme zamanlaması ve sıra arası kontrol gibi yönetim stratejileri ile su rekabeti minimize edilerek sistemin sürdürülebilirliği artırılmaktadır.

Bununla birlikte, otsu örtü yönetimi her koşulda aynı etkiyi göstermemekte olup, özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde su rekabeti önemli bir sınırlayıcı faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Ferreres & Soriano, 2007). Bu nedenle, örtü bitkisi uygulamalarının tür seçimi, yoğunluğu ve yönetim zamanlaması dikkatli bir şekilde planlanmalıdır. Kontrollü otsu örtü sistemleri, kısa vadeli rekabet etkilerine rağmen uzun vadede toprak yapısını iyileştirerek su kullanım etkinliğini artırabilmektedir (Novara et al., 2021).

Otsu örtü uygulamalarının başarısı, yalnızca bitki örtüsünün varlığına değil, aynı zamanda bu örtünün nasıl yönetildiğine bağlıdır. Sıra arası örtü uygulamaları, uygun biçme zamanlaması, tür çeşitliliği ve minimum toprak işleme gibi stratejiler, sistemin hem

ekolojik hem de agronomik performansını artırmaktadır (Wezel et al., 2014; Arias-Giraldo et al., 2021).

Gelecekte yapılacak çalışmaların, bölgesel koşullara uygun örtü bitkisi kombinasyonlarının belirlenmesine, uzun dönemli karbon birikimi ve toprak sağlığı üzerindeki etkilerin ortaya konulmasına ve otsu örtü yönetiminin zeytin verimi ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin detaylı olarak incelenmesine odaklanması gerekmektedir. Ayrıca, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gibi teknolojilerin kullanımıyla otsu örtü yönetiminin izlenmesi ve optimize edilmesi, sürdürülebilir zeytin yetiştiriciliği açısından yeni fırsatlar sunmaktadır.

Sonuç olarak, zeytinliklerde otsu örtü yönetimi yalnızca bir yabancı ot kontrol yöntemi değil, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum, doğal kaynakların korunması ve agroekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

Arias-Giraldo, L. F., Guzmán, G., Montes-Borrego, M., Gramaje, D., Gómez, J. A., & Landa, B. B. (2021). Going beyond soil conservation with the use of cover crops in Mediterranean sloping olive orchards. *Agronomy*, 11(7), 1387.

Durán Zuazo, V. H., & Rodríguez Pleguezuelo, C. R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (SE Spain): Implications for sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123, 274–280.

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58, 147–159.

Gómez, J. A., Guzmán, G., Giráldez, J. V., & Fereres, E. (2014). The influence of cover crops and tillage on soil water and erosion in an olive orchard. *Soil and Tillage Research*, 142, 36–45.

Gómez, J. A., Campos, M., Guzmán, G., Castillo-Llanque, F., Vanwallegem, T., & Giráldez, J. V. (2018). Soil erosion control, plant diversity, and arthropod communities under cover crops in olive orchards. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1–14.

López-Bellido, R. J., Fontán, J. M., López-Bellido, F. J., & López-Bellido, L. (2020). Carbon sequestration by tillage, rotation, and cover cropping in Mediterranean olive orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 295, 106889.

Márquez-García, F., González-Sánchez, E. J., Castro-García, S., & Ordóñez-Fernández, R. (2013). Improvement of soil carbon sink by cover crops in olive orchards under semiarid conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(1), 118–125.

Moriondo, M., Leolini, L., Brilli, L., Dibari, C., Tognetti, R., & Giovannetti, M. (2015). Olive trees and climate change: Impacts and adaptation strategies. *Agricultural Systems*, 141, 1–10.

Novara, A., Pulido, M., Rodrigo-Comino, J., Di Prima, S., Smith, P., Gristina, L., & Keesstra, S. (2021). Long-term organic farming and cover crops improve soil water retention and reduce erosion. *Soil and Tillage Research*, 208, 104909.

Ponti, L., Gutierrez, A. P., Ruti, P. M., & Dell'Aquila, A. (2014). Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, 20, 1–15.

Rodríguez, A., Durán, J., Fernández-Palacios, J. M., & Gallardo, A. (2021). Soil biodiversity and ecosystem functioning in Mediterranean agroecosystems. *Science of the Total Environment*, 750, 141388.

Sofo, A., Palese, A. M., Casacchia, T., Celano, G., Ricciuti, P., Curci, M., & Xiloyannis, C. (2010). Sustainable soil management in olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 124, 1–9.

Villa, M., et al. (2020). Plant biodiversity in olive agroecosystems and its role in conservation biological control. *Biology and Life Sciences Forum*, 4(1), 66.

Wezel, A., Goris, M., Bruil, J., Felix, G. F., Peeters, A., Bàrberi, P., Bellon, S., & Migliorini, P. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 1–13.

