

ORGANİK GÜBRELER: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN TEMELİ

EDİTÖR
Çağdaş AKPINAR



© Copyright 2024

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN	Sayfa ve Kapak Tasarımı
978-625-375-017-6	Akademisyen Dizgi Ünitesi
Kitap Adı	Yayıncı Sertifika No
Organik Gübreler: Sürdürülebilirliğin Temeli	47518
Editör	Baskı ve Cilt
Çağdaş AKPINAR ORCID iD: 0000-0003-2783-397X	Vadi Matbaacılık
Yayın Koordinatörü	Bisac Code
Yasin DİLMEN	MED008000
	DOI
	10.37609/akya.3249

Kütüphane Kimlik Kartı

Organik Gübreler: Sürdürülebilirliğin Temeli / ed. Çağdaş Akpınar.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2024.
210 s. : resim, tablo, şekil. ; 160x235 mm.
Kaynakça ve Dizin var.
ISBN 9786253750176
1. Tarım.

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara
Tel: 0312 431 16 33
siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Birleşmiş Milletler'in hazırladığı rapora göre 8,1 milyar olan dünya nüfusunun 2050 yılında 9,7 milyara ulaşması beklenmektedir. Bu küresel nüfusu beslemek için kalori cinsinden ölçülenden yüzde 70 daha fazla gıdaya ihtiyaç duyulacağı anlamına gelmektedir ve bunu başarmanın en önemli yolu ise insanların üretim ve tüketim şekillerini iyileştirmekten geçmektedir. Tarımsal üretim yönü ele alındığında, toprak ve bitkinin beslenmesi, bu sürecinin merkezinde yerini almaktadır. Bitkilerin sağlıklı büyümesi ve ürün verimi açısından toprağın doğru bir şekilde beslenmesi önem arz etmektedir. Gıdaya olan talebi dengelemek mevcut olan tarım mahsullerinde üretimin artırılması ile başarılabilir. Ürün rotasyonu, minimum toprak işleme ve örtü altında yetiştirilen ürünler gibi teknikler toprağın yapısını ve kalitesini koruma eğilimindedir. Aynı zamanda tarımsal üretimde gübrenin doğru seçimi ve uygulanması, ürüne gübrenin doğru dozda, doğru yerde ve doğru zamanda kullanılmasıyla doğrudan belirlenir. Ancak, yeşil devrimin beraberinde getirdiği endüstriyel tarımın yaygınlaşması ile kimyasal gübreler ve pestisitlerin aşırı kullanımı, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını bozmuş, biyolojik çeşitliliği azaltmış ve çevresel sorunlara neden olmuştur. Bu sebepten dolayı, organik gübre uygulamaları, doğal kaynakları koruyarak, toprağın verimliliğini artırarak ve çevresel etkileri en aza indirerek tarımsal üretimde sürdürülebilir bir yaklaşım sunmaktadır.

Gübre, bitki büyümesi için gerekli olan besin maddelerinden birini veya daha fazlasını sağlamak üzere toprağa veya bitki dokularına uygulanan, doğal veya sentetik kökenli herhangi bir malzemeye verilen addır. Kimyasal gübre kullanımı konvansiyonel üretimde pazarın ihtiyaçlarının karşılamak için hızla ve kontrolsüz bir şekilde artmaya devam etmektedir. Geleneksel tarım yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan kimyasal gübreler bitki tarafından kolay alınabilir olmasının yanı sıra toprak verimliliğini azaltabilir, yeraltı ve yer üstü suları kirletebilir ve doğal biyolojik çeşitliliği tehdit edebilir.

Günümüzde tarımsal üretim, gittikçe artan bir şekilde doğal kaynakların sınırlarını zorlamakta ve çevresel etkilere yol açmaktadır. Bu sonucu olarak, tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için toprağın doğal yapısını koruyarak ve geliştirerek, sağlıklı bitkisel üretim yaparak sürdürülebilir bir tarımsal üretim modeli oluşturmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Organik gübre uygulamaları, bu alandaki boşluğu kapatarak sürdürülebilir üretime bir çözüm sunmaktadır. Bununla birlikte organik gübreler, çevre dostu bir tarım modeli sunarak, toprak verimliliğini artırabilir, su kaynaklarını koruyabilir ve biyolojik

çeşitliliği destekleyebilir. Organik gübreler, kimyasal olmayan, doğal kaynaklardan elde edilen ve toprağın yapısını, verimliliğini ve biyolojik aktivitesini iyileştiren besin maddelerini içerir. Organik gübreler, kompost, hayvan gübreleri, yeşil gübreler, deniz yosunu, solucan gübresi, mikrobiyolojik gübreler, mikoriza ve biyokömür gibi materyallerdir. Kitabın içerisinde de ayrıntılı olarak anlatıldığı üzere organik gübrelerin kimyasal gübrelere göre birçok faydası vardır. Öncelikle, organik gübreler toprağın yapısını iyileştirir, organik madde miktarını artırarak toprağın su ve besin maddelerini daha iyi tutmasını sağlar. Ayrıca, organik gübreler toprak pH dengesini korur, toprakta mikroorganizmaların yaşamasını teşvik eder ve toprakta zararlı böceklerin ve hastalıkların oluşumunu engeller. Buna ek olarak, organik gübrelerin bitki beslenmesine uzun vadeli ve sürdürülebilir bir şekilde katkıda bulunması ve kimyasal gübrelerin aksine toprağa zarar vermemesi gibi avantajları da vardır.

Kitabımız adından da anlaşıldığı üzere organik gübreler, sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır ve tarımsal üretimin geleceği için umut vaat eden bir yaklaşım sunmaktadır. Bu kitap, organik gübrelerin çeşitlerini, organik gübrelemenin temel prensiplerini ve uygulamalarını anlaşılabilir ve detaylı bir şekilde anlatarak, okuyuculara organik gübrelemenin, çevre koruma ve gıda güvenliği açısından önemini vurgulayarak, tarım endüstrisindeki rolünü anlatmayı kapsayan kapsamlı bir ders kitabı olarak tasarlanmıştır. Bu kitap, sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşması ve organik gübrelemenin kullanımının artmasıyla birlikte, sürdürülebilir bir tarım modelinin oluşturulmasına katkıda bulunmayı ve organik gübrelerin geleceği hakkında öngörülerde bulunmayı amaçlayan bir rehber niteliği taşıyacaktır.

Ayrıca bu kitap, organik gübrelemenin toprak sağlığı, bitki beslenmesi ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini derinlemesine inceleyerek, bu uygulamaların yaygınlaşması ve sürdürülebilir bir tarım modelinin oluşturulmasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Organik gübrelemenin temel bileşenleri, çeşitli organik gübre türleri, organik gübrelerin nasıl üretilceği, nasıl uygulanacağı ve ne zaman kullanılacağı gibi konular detaylı ve anlaşılabilir bir şekilde açıklanmaktadır. Son olarak, kitap organik gübrelemenin geleceği ve önemi üzerine bütüncül bir bakış açısı ile tarımsal üretimin geleceğine yönelik bir ilham kaynağı olmayı ve organik ve sürdürülebilir tarımsal üretimin yaygınlaşması için bir adım atmaya teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Organik gübrelemenin kullanımının artmasıyla birlikte, organik tarımın çevresel ve ekonomik faydalarının daha da önemli hale geleceği düşünülmektedir.

Bu kitap, çeşitli organik gübre türleri ve kullanmanın avantajlarını anlatan sekiz genel bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm, yeşil gübre bitkilerine ait taze bitki aksamalarının toprağa gömülmesi ile toprak organik maddesinin zenginleştirilmesi ve toprak verimliliğinde kullanılmasıyla ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca yeşil gübreler bölümünde; yeşil gübrelemede kullanılan bitkiler, yetiştirilme yöntemleri, yeşil gübre uygulaması için tarla hazırlığı, ekim işlemi,

bakımı ve kesilip gömülmesi, baklagil bitkileri ile yeşil gübrelemenin etkileri, zorluklar ve sınırlamalar ile ayrışma ve mineralizasyon süreçlerini etkileyen ana faktörler hakkında güncel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölüm, geçmişten günümüze organik madde kaynağı olarak en çok kullanılan yöntem olan hayvan gübresinin önemi çeşitleri, hayvan gübrelerinin kimyasal bileşimi, hayvan gübrelerinin olgunlaştırılması, toprak özelliklerine etkisi, toprağa uygulanma zamanı, miktarı ve şekli ve hayvan gübrelerinin toprak ve çevre kirliliğine etkisi hakkında güncel, kapsamlı ve ayrıntılı bir incelemeyi içermektedir.

Üçüncü bölümde çok eski bir yöntem olan kompostlaştırmanın önemi gözden geçirilmekte ve kullanılan bazı temel ilkeleri özetlenmektedir. Bu bölümde kompostlaştırmanın altında yatan biyolojik ve kimyasal süreçlere ilişkin bilimsel çalışmalarla son yıllarda kaydedilen hızlı ilerleme açıklanmaktadır. Ayrıca bu bölümde kompostun tanımı, hangi malzemelerden kompost yapılacağı, nerede ve nasıl yapılacağı, çeşitleri, kompostlamaya etki eden faktörler, nelerden yapılamayacağı ve toprağa sağladığı yararlar hakkında açıklayıcı bilgiler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, bitkiler açısından besleyici bir kaynak olmasının yanı sıra, toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerinde de pozitif etkileri olan solucan gübresi konusu ele alınmıştır. Bu bölümde solucan gübresinin dünyada ve ülkemizde kullanımı, solucan türleri, solucan gübresi üretimi ve diğer organik gübreler ile karşılaştırılması, ekonomik ve ticari boyutu, çevresel ve sosyal etkileri, geleceğe yönelik araştırmalar ve gelişmeler ve son olarak solucan gübresi kaynaklarının tarımsal uygulama şekilleri hakkında ayrıntılı bilgiler ve literatür çalışmalarına değinilmiştir.

Beşinci bölüm, mikrobiyal gübrelerin ürün verimliliğini artırmadaki rolü hakkında bilgi sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bölümde bitki kök bölgesinde, yoğun faaliyetler göstererek, bitki gelişimi ve toprak verimliliğinin artmasına neden olan mikrobiyal gübrelerin önemi, faydaları, mikroorganizmaların yaşam koşulları, mikroorganizmalar arası ilişkiler, mikrobiyal gübre türleri (Azot Bağlayan Biyogübreler, Fosfat Çözücüler, Mikorizalar, Potasyum Çözücü Mikroorganizmalar), biyogübre uygulama teknikleri hakkında detaylı açıklamalar bulunmaktadır.

Altıncı bölüm, doğal ortamdaki en yaygın simbiyotik ilişki olup bitki köklerinde yaşayan ve bitkiye birçok yönden faydaları olan mikorizal mantarlar hakkında ayrıntılı ve güncel literatüre dayalı bilgi verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, mikoriza türleri, kullanımı, organik agro-ekosistemlerin yönetimiyle arbusküler mikorizal birliğinden maksimum faydalar sağlama, mikorizanın topraktaki rolü, mikoriza uygulamasının ürün kalitesine etkisi, mikoriza içeren biyogübreler, tarım uygulamalarının arbusküler mikorizal funguslar üzerindeki etkisi, mikorizanın pratikte görünen yararları, mikorizanın bitkilerin besin elementi alımındaki fonksiyonu ve mekanizmaları hakkında detaylı ve anlaşılabilir bilgileri içermektedir.

Yedinci bölümde toprak sağlığına, bitki büyümesine ve çevresel sürdürülebilirliğe çok sayıda fayda sunan alg/yosun gübresi hakkında bilgi verilmektedir. Bu bölümde alg/yosun gübresinin tarihçesi, çeşitleri, kimyasal ve biyolojik özellikleri, uygulama yöntemleri, toprak yapısı, bitki gelişmesi, dayanıklılığı ve verim üzerindeki etkileri hakkında detaylı ve güncel literatüre dayalı çok değerli bilgiler verilmektedir

Son olarak sekizinci bölümde, her türlü biyokütle ve organik atıkların pirolizi ile elde edilen biyokömür uygulamasına ilişkin toprak biliminde geleneksel bilgi ile yeni bilgi arasındaki çelişkiyi ortaya çıkarmaya çalışan bir bakış açısı sunmaktadır. Bu bölümde biyokömürün özellikleri, elde edilmesi, uygulamaları, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkisi, elde edilmesi ve biyokömür bileşimine etki yapan etmenleri içeren bilgiler verilmiştir.

Bu kitabın yayınlanması, organik gübre üzerine araştırma yapan ve kullanımını ve avantajları hakkında bilgi sahibi olmak isteyen araştırmacılar, bilim insanları, mühendisler, lisans ve lisansüstü öğrenciler, çiftçiler ve ürün üreticileri için büyük önem taşımaktadır. Bu kitabın oluşmasında katkı sağlayan değerli hocalarımıza yaptıkları değerli katkılardan dolayı ayrı ayrı teşekkürlerimizi sunuyoruz. Bu kitapta sunulan bilgilerin, organik gübrelerin işlenmesi ve kullanımıyla doğrudan ilgilenenler ve merak edenler için değerli olacağını, bu kitabın, organik gübre kullanımının farklı yönleriyle ilgilenen herkesin beklenti ve ihtiyaçlarını karşılayacağını umuyoruz.

Doç.Dr. Çağdaş AKPINAR

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	Yeşil Gübre.....1 <i>Ayşen AKAY</i>
BÖLÜM 2	Hayvan Gübresi.....35 <i>Faruk TOHUMCU</i>
BÖLÜM 3	Kompost47 <i>Saim SEFEROĞLU</i>
BÖLÜM 4	Solucan Gübresi.....65 <i>Sevinç YEŞİLYURT</i> <i>Mehmet SERTKAHYA</i>
BÖLÜM 5	Mikrobiyal Gübreler93 <i>Kemal DOĞAN</i>
BÖLÜM 6	Organik Tarım Biliminde Mikorizanın Kullanımı ve Önemi.....115 <i>İbrahim ORTAŞ</i>
BÖLÜM 7	Alg/Yosun Gübresi143 <i>Somayyeh RAZZAGHI</i>
BÖLÜM 8	Biyokömür.....183 <i>Mahmut TEPECİK</i>

YAZARLAR

Prof.Dr. Ayşen AKAY

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü

Prof.Dr. Kemal DOĞAN

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü

Dr.Öğr.Üyesi Faruk TOHUMCU

Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü

Prof.Dr. İbrahim ORTAŞ

Çukurova Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü

Doç.Dr. Saime SEFEROĞLU

Aydın Adnan Menders Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü

Dr.Öğr.Üyesi Somayyeh RAZZAGHI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, Ziraat Fakültesi, Erciyes
Üniversitesi

Doç.Dr. Sevinç YEŞİLYURT

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü

Prof.Dr. Mahmut TEPECİK

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü

Mehmet SERTKAHYA

Yüksek Lisans Öğrencisi, Tekirdağ
Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü

BÖLÜM 1

YEŞİL GÜBRE

Ayşen AKAY¹

GİRİŞ

Organik madde toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde önemli rol oynayan en etkin bileşenlerden biridir. Türkiye topraklarının verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; topraklarımızın organik madde kapsamının genelde az olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada; organik madde kapsamı az olan alanlar 14.366.661 ha ile (% 1-2 organik madde (OM)) en fazla alanı kaplamaktadır. Bunu sırası ile organik madde kapsamı orta (% 2-3 OM) (7.423.594 ha), çok az (>1 OM) (7.043.549 ha), iyi (%3-4 OM) (2.485.103 ha) ve yüksek (<4 OM) olan topraklar izlemektedir (1.494.632 ha). Oransal dağılım dikkate alındığında çok az ve az olanlar % 65.25'lik paya sahiptir (1). Çalışma sonrası farklı bölgelerde yapılan yeni araştırmalarda da topraklarımızdaki organik madde varlığında önemli bir değişiklik olmamıştır. Örneğin Trakya topraklarının organik madde bakımından 1/5'i çok az, 3/5'inin az sınıfında olduğu (2); İç Anadolu bölgesi topraklarının organik madde kapsamının %85.5'inin az ve çok az sınıfında olduğu (3); Karamenderes Havzası topraklarının organik madde kapsamının %0.43-6.27 arasında değiştiği ve havza topraklarının %11.2'sinin organik madde içeriği çok az, %53.7'si organik maddece az olduğu belirtilmiştir (4). Sadece Orta ve Doğu Karadeniz bölgesindeki toprakların organik madde bakımından büyük bir çoğunluğu orta-iyi-yüksek düzeydedir (5). Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon içeriklerinin araştırıldığı çalışmaya göre ise; topraklarımızın organik madde içeriğinin oransal dağılımı az sınıfında (%1-2) %70.52, çok az sınıfında (%0-1) %18.04, orta(%2-3) sınıfında %9.78 ve iyi sınıfında olan(%3-4) ise %0.56'dır (6). Sonuç olarak topraklarımızın yaklaşık olarak toplam % 89'unda organik madde içeriği çok az (% 0-1) ve az(% 1-2) aralığındadır. Topraklarımızdaki organik madde eksikliğinin kapatılmasında ve yapılacak tarımsal faaliyetlerde daha iyi fiziksel özelliklere sahip topraklarda, çiftçimizin faaliyet gösterebilmesinde; organik madde açısından toprağın zenginleştirilmesi önemli bir olgudur.

¹ Prof.Dr., Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
aakay@selcuk.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2541-0167

KAYNAKLAR

1. Eyüpoğlu F. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. *Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü*; 1999. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 220*.
2. Gürbüz MA, Kayalı E, Bahar E, ve ark. Trakya topraklarının veri tabanının oluşturulması ve bazı toprak özellikleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 2019; 7(1): 28 – 36.
3. Akın A, Taşova H. İç Anadolu Bölgesi tarım topraklarının bazı verimlilik parametrelerinin belirlenerek haritalanması. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 2019; 32, 1-6.
4. Çetinkaya O, Sümer A. Karamenderes havzası topraklarının yarıyıllı mikro besin elementlerinin (Fe, Cu, Zn ve Mn) durumu. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2013;1(1): 57-65.
5. Özyazıcı M, Aydoğan M, Bayraklı B, Dengiz O. Doğu Karadeniz Bölgesi kırmızı-sarı podzolik toprakların temel karakteristik özellikleri ve verimlilik durumu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2013; 28(1): 24-32.
6. Sönmez B, Özbahçe A, Akgül S, Keçeci M. Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması. *Proje Sonuç Raporu (TAGEM/TSKAD/11/A13/P03)*.2018. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
7. Tekin M, Avcı M, Çat A, Akar T. Dünyada ve Türkiye'de Toprak İşlemesiz Tarımın Durumu ve Benimsenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*. 2017;6(1); 22-34.
8. Dizikisa T, Yıldız N. İklim Değişikliğini Tolere Etmede Farklı Organik Gübrelerin Toprak Özelliklerine Etkisi. *MAS Journal of Applied Sciences*. 2023;8(Özel Sayı): 1049-1068.
9. Singh S, Singh RJ, Kumar K, et al. Biofertilizers and green manuring for sustainable agriculture. *Modern technologies for sustainable agriculture*.2013; 129-150.
10. Baddeley JA, Pappa VA, Pristeri A, et al. Legume-based green manure crops. *Legumes in cropping systems*.2017; 125-138.
11. Topçu GD, Özkan ŞS. Akdeniz İklim Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Krotalarya (*Crotalaria juncea* L.) Bitkisinde Farklı Gelişme Dönemlerinin Verim ve Bazı Yem Kalite Özelliklerine Etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*.2019;7(1): 119-126.
12. Berriel V, Monza J, Perdomo CH. Cover crop selection by jointly optimizing biomass productivity, biological nitrogen fixation, and transpiration efficiency: application to two crotalaria species. *Agronomy*. 2020; 10(8): 1116.
13. Acar R. Yeşil Gübreleme. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Semineri*.1996, Konya.
14. Meena AL, Karwal M, Raghavendra K, Kumar S. Green manure: a complete nutrient source for sustainable soil health in modern agriculture. *Food Sci Rep*.2020; 1, 67.
15. Fageria NK. Green manuring in crop production. *Journal of Plant Nutrition*.2007; 30(5), 691-719. DOI: 10.1080/01904160701289529
16. Acar Z, Ayan İ. Yem bitkileri kültürü. *OMÜ Zir. Fak. Ders Kitabı*.2000; No: 2, Samsun.
17. Özel A, Acar R. Yeşil Gübre ve Kaba Yem Amacıyla Yetiştirilen İkinci Ürün Baklagil Yem Bitkilerinin Kendinden Sonraki Yulafın Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*.2023;10(2):241-252.
18. Nielsen DC, Vigil MF. Legume green fallow effect on soil water content at wheat planting and wheat yield. *Agronomy Journal*. 2005;97(3):684-689.
19. Özel A. Bazı Baklagil Yem Bitkilerinin Yeşil Gübre Olarak Toprağın Organik Maddesine ve Kendinden Sonra Gelen Yulaf Verimine Etkisinin Araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi*.2022.
20. Acar Z, Aşçı ÖÖ, Ayan İ, ve ark. Yem bitkilerinde Karışık Ekim Sistemleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2006;21(3):379-386.
21. Tan M, Serin Y. Fiğ + tahıl karışımlarında karışım oranlar ve biçim zamanlarının makro besin elementi kompozisyonuna etkileri. *Türkiye 3. Çayır Mer'a ve Yembitkileri Kongresi*.1996;308-315;17-19 Haziran, Erzurum.

22. Anlarsal AE, Ülgen AC, Gök M, ve ark. Çukurovada tek yıllık baklagil yembitkisi+mısır üretim sisteminde baklagillerin ot verimleri ile azot fiksasyonlarının saptanması ve mısır üretiminde azot kullanımını azaltma olanakları. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yem Bitkileri Kong.* 1996; 362-368, 17-19 Haziran, Erzurum.
23. Soya H. Destek bitki olarak arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışım oranları ve sıra arası mesafenin adi fiğ (*Vicia sativa* L.)'de tohum verimi ve verim özelliklerine etkisi. *Anadolu J. of AARI.*1994; 4(1):8-18.
24. Katroschan KU, Hirthe G. Nitrogen supply by cut-and-carry biomass for vegetable crops and subsequent cereals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.*2024;1-19.
25. El-Metwally I, Gerjes L, Saady H. Interactive effect of soil mulching and irrigation regime on yield, irrigation water use efficiency and weeds of trickle-irrigated onion. *Arch Agron Soil Sci.* 2022; 68:1103–1116. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1869723>
26. Wiens MJ, Entz MH, Martin RC, Hammermeister AM. Agronomic benefits of alfalfa mulch applied to organically managed spring wheat. *Can J Plant Sci.* 2006; 86:121–131. <https://doi.org/10.4141/P05-069>
27. Keesstra SD, Rodrigo-Comino J, Novara A, et al. Straw mulch as a sustainable solution to decrease runoff and erosion in glyphosate-treated clementine plantations in Eastern Spain. An assessment using rainfall simulation experiments. *Catena.* 2019;174:95–103. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.007>
28. Li R, Li Q, Pan L. Review of organic mulching effects on soil and water loss. *Arch Agron Soil Sci.* 2021; 67:136–151. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1718111>
29. Cook HF, Valdes GSB, Lee HC. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. *Soil Tillage Res.*2006; 91:227–235. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.12.007>
30. Dix BA, Hauschild ME, Niether W. et al. Regulating soil microclimate and greenhouse gas emissions with rye mulch in cabbage cultivation. *Agric Ecosyst Environ.* 2024; 367:108951. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108951>
31. Özyazıcı MA, Açıkbaş S. Bölüm 2: Yeşil Gübreleme Tekniği Ve Uygulama Esasları. *Yeşil Gübreleme.*2022; ISBN: 978-625-6955-56-1:sf:51-79.
32. Palomba I. Effects of C: N ratio in cut-and-carry green manure and nitrogen application rate in organic potato production. *MScThesis, Wageningen UR.*2016. Wageningen, the Netherlands.
33. Bahadur S, Maurya SP, Bikrmatiya RPS, Shankar S. Green manuring for sustainable crop production. *Recent Advances in Agricultural Science and Technology for Sustainable India.*2022: 83-88.
34. Coşkan A, İşler E, Küçükyumuk Z, Erdal İ. Isparta koşullarında soyada bakteri aşılmasının nodülasyona ve dane verimine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi.* 2009;4(2): 17-27.
35. Ohlander L, Bergkvist G, Stendahl E, Kvist M. Yield of catch crops and spring barley as affected by time of undersowing. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B –Soil and Plant Science.*1996; 46:161–168.
36. Bergkvist G, Stenberg M, Wetterlind J, et al. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley—Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research.* 2011; 120(2): 292-298.
37. Eaglesham ARJ, Hassouna S, Seegers R. Fertilizer-N Effects on N₂ Fixation by Cowpea and Soybean 1. *Agronomy Journal.*1983; 75(1):61-66.
38. Yadav MR, Kumar R, Parihar CM, et al. Strategies for improving nitrogen use efficiency: A review. *Agricultural Reviews.* 2017;38(1):29-40.
39. Cook JC, Gallagher RS, Kaye JP, et al. Optimizing vetch nitrogen production and corn nitrogen accumulation under no-till management. *Agronomy Journal.* 2010;102: 1491–1499.
40. Dabney SM, Delgado JA, Meisinger JJ, et al. Using cover crops and cropping systems for nitrogen management. In: Delgado, J.A. and Follett, R.F. (eds) *Advances in Nitrogen Management for Water Quality.*2010. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, pp. 231–282.

41. Campiglia E, Mancinelli R, Radicetti E, Marinar S. Legume cover crops and mulches: effects on nitrate leaching and nitrogen input in a pepper crop (*Capsicum annuum* L.). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2011;39: 399–412.
42. Ball BC, Watson CA, Crichton I. Nitrous oxide emissions, cereal growth, N recovery and soil nitrogen status after ploughing organically managed grass/clover swards. *Soil Use and Management*.2007; 23:145–155.
43. Olesen JE, Askegaard M, Rasmussen IA. Winter cereal yields as affected by animal manure and green manure in organic arable farming. *European Journal of Agronomy*.2009; 30:119–128.
44. Askegaard M, Olesen JE, Rasmussen IA, Kristensen K. Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 2011; 142:149–160.
45. Rana G, Mastroianni M. Ammonia emissions from fields treated with green manure in a Mediterranean climate. *Agricultural and Forest Meteorology*.1998;90:265–274.
46. Coşkan A. Çeşitli yeşil gübre bitkileri uygulamalarının tarla koşullarında toprakta denitrifikasyona etkisi. *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.1998.
47. Stute JK, Posner JL. Legume cover option for grain rotations in Wisconsin. *Agronomy Journal*.1993; 85: 1128–1132.
48. Fageria NK, Baligar VC. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*. 2005; 88:97–185.
49. Ladha JK, Watanabe I, Saono S. Nitrogen fixation by leguminous green manure and practices for its enhancement in tropical lowland rice. In *Sustainable agriculture: Green manure in rice farming*, ed. *The International Rice Research Institute*.1988;165–183. Los Baños, Philippines:IRRI.
50. Hargrove WL. Winter legumes as nitrogen sources for no-tillage grain sorghum. *Agronomy Journal*. 1986; 78: 70–74.
51. Holderbaun JE, Decker AM, Meisinger JJ, et al. Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the humid east. *Agronomy Journal*. 1990; 82: 117–127.
52. Singh Y, Khind CS, Singh B. Efficient management of leguminous green manures in wetland rice. *Advances in Agronomy*. 1991; 45: 135–189.
53. Ladha JK, Pareek RP, Becker M. Stem-nodulating legumerhizobium symbiosis and its agronomic use in lowland rice. *Advances in Soil Science*.1992;20: 147–192.
54. Murphy DV, Stockdale EA, Hoyle FC, et al. Matching supply with demand. In: Hatch, D.J., Chadwick, D.R., Jarvis, S.C. and Roker, J.A. (eds) *Controlling Nitrogen Flows and Losses, Proceedings of the 12th International Nitrogen Workshop*. Exeter, UK, 21–24 September 2003, pp 101–112.
55. Cadisch G, Handayanto E, Malama C, et al. N recovery from legume prunings and priming effects are governed by the residue quality. *Plant and Soil*.1998; 205:125–134.
56. Alazard D. Stem and root nodulation in *Aeschynomene* spp. *Applied and Environmental Microbiology*.1985;50: 732–734.
57. Ladha JK, Pareek RP, So R., Becker M. Stem nodule symbiosis and its unusual properties. In: *N₂fixation: Achievements and objectives*, eds. P. M. Gresshoff, L. E. Roth, C. Stacy, and W. L. Newton, New York: Chapman & Hall.1990: 633–640.
58. Meelu OP, Furoc RE, Dizon MA, et al. Evaluation of different green manures on rice yield and soil fertility. Paper presented at the *16th annual scientific convention of the Crop Society of Philippines*.1985. 8–10 May, 1985. Central Luzon State University, Muñoz, Nueva Ecija, Philippines.
59. Furoc RE, Dizon MA, Morris RA, Marqueses EP. Effects of flooding regime and planting dates to N accumulation of three *Sesbania* species and consequently to transplanted rice. Paper presented at the *16th annual Scientific Convention of the Crop Science Society of Philippines*. 1985. 8–10 May 1985, Central Luzon State University Muñoz, Nueva Ecija, Philippines.

60. Morris RA, Furoc RF, Dizon MA. Rice response to a shortduration green manure. II. Nitrogen recovery and utilization. *Agronomy Journal*.1986; 78: 413–416.
61. Ghai K, Rao DIN, Batra I. Comparative study of the potential of sesbania for green manuring. *Tropical Agriculture*. 1985; 62: 52–56.
62. Watanabe I. Use of green manure in northeast Asia. In *Organic matter and rice, ed. International Rice Research Institute*. Los Ba'nos, Philippines: IRRI. 1984; 229–234.
63. Açıkgöz E, Çelik N. Bursa kıraç koşullarında bazı önemli tek yıllık baklagil yem bitkilerinin kuru ot verimi ve kalitesi üzerinde ön araştırmalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.1986;5:47-53.
64. Soya H, Tamer G, Ütsek A, Zorer A. Farklı ekim ve hasat zamanlarının adi fiğ (*Vicia sativa*) ve tüylü fiğ (*Vicia villosa*)'de ot verimi ve verim özelliklerine etkisi. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*.1999. 15-18 Kasım 1999, Cilt: III, s: 223-227, Adana.
65. Özyazıcı MA, Manga İ. The effects of some leguminous forage crops used as green manure and plant residues on yield and quality of maize and sunflower under irrigated conditions of Carsamba plain. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2000; 24(1): 95-104.
66. Koçer A. Yem Bezelyesi (*Pisum sativum* L.)'nin Çeşitlerinin Yulaf Ve Arpa İle Karışımlarında Ot Verim Ve Kalitelerinin Belirlenmesi. *Yüksek lisans tezi (basılmamış)*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.2011; Isparta.
67. Doğan Bİ. Yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.)-buğday (*Triticum aestivum* L.) karışımlarının verim unsurları ve yem değerlerinin belirlenmesi. (*Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi*).2013.
68. Bilgili U, Uzun A, Sincik M.ve ark. Farklı yaprak tiplerindeki yemlik bezelye hatlarının verim ve bazı verim özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi (25-27 Haziran 2007, Erzurum) Bildirileri 2 Çayır Mera Yem Bitkileri ve Endüstri Bitkileri*. 83-86.
69. Çil AN, Çil A, Yücel C, Açıkgöz E. Harran ovası koşullarında bazı bezelye (*Pisum sativum* L.) hatlarının ot ve tane verimlerinin saptanması. *Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi*.2007; 25-29.
70. Kökten K, Seydosoglu S, Kaplan M, Boydak E. Forage nutritive value of soybean varieties. *Legume Research-An International Journal*. 2014;37(2): 201-206.
71. Okcu M. Gümüşhane ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı soya (*Glycine max* L.) çeşitlerinde verim ve verim unsurlarına etkilerinin belirlenmesi. *11. Tarla Bitkileri Kongresi*. 2015; 7-10.
72. Orak A, Tenikecier HS, Demirkan AK. Farklı Yem Bitkisi Karışımlarının Verim ve Verim Potansiyellerinin Belirlenmesi. *11. Tarla Bitkileri Kongresi*. 2015; 7-10 Eylül 2015, 7-10, Çanak-kale.
73. Temel S, Keskin B, Yıldız V, Kır AE. Iğdır Ovası Taban Koşullarında Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.) Çeşitlerinin Kuru Ot Verimi ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2015; 5(3).
74. Kavut YT. Farklı hasat dönemlerinde biçilen İtalyan çimi ve bazı yıllık baklagil yem bitkisi karışımlarının ot verimi ve diğer bazı özellikleri üzerine bir araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2016; 25(ÖZEL SAYI-2), 253-258.
75. Ateş E, Tekeli SA. Farklı taban gübresi uygulamalarının yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.)'nin ot verimi ve kalitesine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*. 2017; 20:13-16.
76. Özçelik ŞN. Çemen otunun (*Trigonella foenum-graecum* L.) yeşil aksamının, kuru otunun ve tohumunun yem değerlerinin belirlenmesi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, TC Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı. 2017;86,Kırşehir.
77. Yavuz T. Farklı biçim zamanlarının yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) karışımlarında ot verim ve kalitesi üzerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2017;26(1):67-74.
78. Çeri S, Acar R. Konya'da sulu şartlarda yetiştirilen yulaf hat ve çeşitlerinin ot verimi ve bazı yem kalite özelliklerinin araştırılması. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*.2019; 8(1):26-33.

79. Coşkun N, Çağan E. Tüylü fiğde (*Vicia villosa* Roth.) ekim zamanlarının bazı verim ve kalite özelliklerine etkisi. *İsvec Uluslararası Tarım Ve Kırsal Kalkınma*. 2019;10-12.
80. Acar B, Özköse A. Farklı Zamanlarda Ekilen İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* Lam.) ve Tef (*Eragrostis tef* (Zucc) Trotter) Bitkilerinin Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2023; 20(3):698-711.
81. Karadağ Y, Çınar S, Taşyürek T, ve ark. Tokat-Kazova Ekolojik koşullarında bazı çok yıllık yem bitkilerinin verim ve kalitelerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2016; 25(ÖZEL SAYI-2):206-212.
82. Özpınar H, Avcı M, Acar AA, ve ark. Gazal Boynuzu (*Lotus corniculatus* L.) Genotiplerinin Akdeniz İklim Koşullarında Verimlerinin Belirlenmesi. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2019;29(1):15-24.
83. Deniz M, Aydemir SK, Algan E, ve ark. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Genotiplerinin Tarımsal Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2020;7(3):566-575.
84. Özçelik ŞN, Şahin A. Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) otunun ve tohumunun besin madde içerikleri ve in vitro sindirilebilirliğinin belirlenmesi. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*. 2018;1(1):25-35.
85. Okuyucu F, Kır B, Akdemir H, ve ark. Ödemiş koşullarında bazı ak acı (*Lupinus albus* L.), sarı tatlı (*Lupinus luteus* L.) ve mavi tatlı (*Lupinus angustifolius* L.) lüpen çeşitlerinin verim ve besin madde içerikleri üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2004; 41(3).
86. Bakoğlu A, Kökten K. Elazığ koşullarında burçakta (*vicia ervilia* (L.) Willd.) farklı iraa Aralığının verim ve verim unsurları üzerine etkisi. *Harran Ü.Z.F.Dergisi*. 2009;13(1):7-12.
87. Seren OA. Mavi taş yoncasi (*melilotus caeruleus* (l) descr.)'nın farklı gelişme dönemlerindeki yem verimi ve kalitesinin belirlenmesi (*Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi*). 2019.
88. Düzçekçi Y, Özaktan H, Okumuş O, Uzun S. Kayseri Ekolojik Koşullarında Macar Fiği (*Vicia Pannonica* Crantz.)+ Arpa (*Hordeum Vulgare* L.) Karışık Ekim Sisteminde Uygun Karışım Oranlarının Belirlenmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*. 2022;5(2):50-55.
89. Coşkun A, Topçu GD. Bornova Koşullarında Yetiştirilen Bazı Bakla (*Vicia faba* L.) Çeşitlerinin Hasıl Verimi ve Bazı Yem Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *MAS Journal of Applied Sciences*. 2022; 7(2): 443-451.
90. Biederbeck VO, Campbell CA, Rasiyah V, et al. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure. *Soil Biology and Biochemistry*. 1998; 30:1177–1185.
91. Birkhofer K, Diekötter T, Boch S, et al. Soil fauna feeding activity in temperate grassland soils increases with legume and grass species richness. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011; 43: 2200–2207.
92. Stobart RM, Morris NL. New Farming Systems Research (NFS) project: long term research seeking to improve the sustainability and resilience of conventional farming systems. *Aspects of Applied Biology*. 2011; 113:15–23.
93. O'Dea JK, Miller PR, Jones CA. Greening summer fallow with legume green manures: on-farm assessment in north-central Montana. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2013; 68: 270–282.
94. Barea JM, Toro M, Orozco MO, et al. The application of isotopic ((³²P) and (¹⁵N) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate-solubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and Rhizobium to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2022; 63:35–42.
95. Scott JT, Condon LM. Dynamics and availability of phosphorus in the rhizosphere of a temperate silvopastoral system. *Biology and Fertility of Soils*. 2003; 39:65–73.
96. Sumiahadi A, Acar R. Potential Use of Industrial Plant Residues for Improving Soil Properties and Plant Growth. In *Proceedings of 2nd International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2020)*. Gaziantep, Turkey (pp. 1275-1783).

97. Lathwell DJ. Legume green manures. *TropSoils Bulletin Number 90- 01, Soil Management Collaborative Research Support Program*, North Carolina State University, Raleigh.1990. North Carolina.
98. Caamal-Maldonado JA, Jimenez-Osornio JJ, Torres-Barragan T, Anaya AL. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy Journal*. 2001; 93: 27–36.
99. Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD. *Soil fertility and fertilizers*, 4th edition. 1985. New York,- Macmillan.
100. Cavigelli MA, Thien SJ. Phosphorus bioavailability following incorporation of green manure crops. *Soil Science Society of America Journal*. 2003;67: 1186–1194.
101. Sharpley AN, Smith SJ. Mineralization and leaching of phosphorus from soil incubated with surface applied and incorporated crop residue. *Journal of Environmental Quality*. 1989; 18: 101–105.
102. Cherr CM, Scholberg JMS, McSorley R. Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agronomy journal*.2006; 98(2):302-319.
103. Davis JR, Huisman OC, Westermann DT, et al. Effects of green manures on Verticillium wilt of potato. *Phytopathology*.1996; 86: 444–453.
104. Cherr CM. Improved use of green manure as a nitrogen source for sweet corn. *M.S. thesis. Univ. of Florida, Gainesville*. 1994. Available at http://etd.fcla.edu/UF/UF0006501/cherr_c.pdf (accessed 31 Jan. 2005; verified 2 Nov. 2005).
105. Blackshaw RE, Moyer JR, Doram RC, Boswall AL. Yellow sweetclover, green manure, and its residues effectively suppress weeds during fallow. *Weed Sci*. 2001;49:406–413.
106. Ross SM, King JR, Izaurralde RC, O'Donovan JT. Weed suppression by seven clover species. *Agron. J*. 2001;93:820–827.
107. McSorley R. Multiple cropping systems for nematode management: A review. *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla*. 2001; 60:1–12.
108. Gil JL, Fick WH. Soil nitrogen mineralization in mixtures of eastern gamagrass with alfalfa and red clover. *Agronomy Journal*. 2001;93: 902–910.
109. Thonissen C, Midmore DJ, Ladha JK, et al. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. *Agronomy Journal*. 2000; 92:253–260.
110. Sorensen JN, Grevsen K. Strategies for cut-and-carry green manure production. *In International Symposium on Innovation in Integrated and Organic Horticulture (INNOHORT)*. 2015; June,1137:39-46.
111. Verbenne EL, Hassink J, Willigen P, et al. Modeling organic matter dynamics in different soils. *Netherland Journal of Agriculture Science*. 1990; 38: 221–238.
112. Grant RF, Juma NG, McGill WB. Simulation of carbon and nitrogen transformations in soil: Mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*. 1993; 25: 1317–1329.
113. Fox RH, Myers RJ, Vallis I. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant and Soil*. 1990;129: 251–259.
114. Hatch DJ, Jarvis SC, Reynolds SE. An assessment of the contribution of net mineralization to N cycling in grass swards using a field incubation method. *Plant and Soil*. 1991;138: 23–32.
115. Becker M, Ladha JK, Simpson IC, Ottow JCG. Parameters affecting residue N mineralization in flooded soils. *Soil Science Society of America Journal*. 1994; 58: 1666–1671.
116. Stott DE, Stroo HF, Elliott LF, et al. Wheat residue loss from fields under no-till management. *Soil Science Society of America Journal*. 1990;54: 92–98.
117. Douglas CLJr, Rickman RW. Estimating crop residue decomposition from air temperature, initial nitrogen content, and residue placement. *Soil Science Society of America Journal*. 1992; 56: 272–278.

118. Steiner JL, Schomberg HH, Douglas CLJr, Black AL. Standing stem persistence in no-tillage small-grain fields. *Agronomy Journal*.1994; 86:76–81
119. Cassman KG, Munns DN. Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature and depth. *Soil Science Society of America Journal*. 1980; 44:1233–1237.
120. Mary B, Recous S. Measurement of nitrogen mineralization and immobilization fluxes in soil as a means of predicting net mineralization. *European Journal of Agronomy*. 1994; 3: 291–300.
121. Alexander M. Introduction to soil microbiology. *Soil Science*.1978;125(5):331.
122. Soil Science Society of America. *Glossary of soil science terms*.1997; Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America.
123. Doran JW, Smith MS. Role of cover crops in nitrogen cycling. *In Cover crops for clean water, Proceedings of International Conference*. 1991;ed. W. L. Hargrove, 85–90. Jackson, TN. 9–11 Apr. 1991. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.
124. Green CJ, Blackmer AM. Residue decomposition effects on nitrogen availability to corn following corn or soybean. *Soil Science Society of America Journal*. 1995; 59: 1065–1070.
125. Rannells NN, Wagger MJ. Nitrogen release from grass and legume cover crop monocultures and bicultures. *Agronomy Journal*.1996; 88:777–782.
126. Dinnes DL, Karlen DL, Jaynes DB, et al. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils. *Agron. J*. 2002;94:153–171.
127. Islam MM, Iyamuremye F, Dick RP. Effect of organic residue amendment on mineralization of nitrogen in flooded rice soils under laboratory conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1998; 29: 971–981.
128. Clement A, Ladha JK, Chalifour FP. Nitrogen dynamics of various green manure species and the relationship to lowland rice production. *Agronomy Journal*. 1998;90: 149–154.
129. Beckie HJ, Brandt SA. Nitrogen contribution of field pea in annual cropping systems: I. Nitrogen residual effect. *Canadian Journal of Plant Science*. 1997; 77: 311–322.
130. Seneviratne G. Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: A synthesis. *Biol. Fertil. Soils*. 2000; 31:60–64.
131. Vigil MF, Kissel DE. Rate of nitrogen mineralized from incorporated crop residues as influenced by temperature. *Soil Sci.Soc. Am. J*. 1995; 59:1636–1644.
132. Katterer T, Reichenstein M, Andren O, Lomander A. Temperature dependence of organic matter decomposition: A critical review using literature data analyzed with different models. *Biol. Fertil. Soils*. 1998; 27:258–262.
133. Lomander A, Katterer T, Andren O. Modelling the effects of temperature and moisture on CO₂ evolution from top- and subsoil using a multi-compartment approach. *Soil Biol. Biochem*. 1998; 30:2023–2030.
134. Douglas BF, Magdoff FR. An evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. *J. Environ. Qual*. 1991; 20: 368–372.
135. Dou X, Toth JD, Jabro JD, et al. Soil nitrogen mineralization during laboratory incubation: Dynamics and model fitting. *Soil Biol. Biochem*. 1996; 28:625–632.
136. Quemada M, Cabrera ML, McCracken DV. Nitrogen release from surface-applied cover crop residues: Evaluating the CERES-N submodel. *Agronomy Journal*.1997; 89(5): 723-729.
137. Somda ZC, Ford PB, Hargrove WL. Decomposition and nitrogen recycling of cover crops and cover crop residues. *In W.L. Hargrove (ed.) Cover crops for clean water*. Soil Water Conserv. Soc., Ankeny, IA.1991; p. 103–105.
138. Kuo S, Sainju UM. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biol. Fertil. Soils*.1997;26:346–353.
139. Burgess MS, Mehuys GR, Madramootoo CA. Nitrogen Dynamics of decomposing corn residue components under three tillage system. *Soil Science Society of America Journal*. 2002; 66:1350–1358.

140. Eagl AJ, Bird JA, Hill JE, et al. Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw incorporation and winter flooding. *Agronomy Journal*. 2001;93: 1346 – 1354.
141. Davelouis JR, Sanchez PA, Alegre JC. Green manure incorporation and soil acidity amelioration. In *TropSoils Technical Report 1988–1989*, ed. T. P. McBride. 1991;286–289. Raleigh, North Carolina: North Carolina State University.
142. Larney F, Janzen HH. Restoration of productivity to a desurfaced soil with livestock manure, crop residue, and fertilizer amendments. *Agronomy Journal*. 1996; 88: 921–927.
143. Kuo S, Jellum EJ. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn. *Agronomy Journal*. 2002; 94:501–508.
144. Fauci MF, Dick RP. Plant Response to Organic Amendments and Decreasing Inorganic Nitrogen Rates in Soils from a Long-Term Experiment. *Soil Science Society of America Journal*. 1994;58(1):134–138.
145. Kirchmann H. Shoot and root growth and nitrogen uptake by six green manure legumes. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 1988;38: 25–31.
146. Sainju U, Singh BP, Yaffa S. Soil organic matter and tomato yield following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*. 2002; 94: 594–602.
147. Wuest SB, McCool DK, Miller BC, Veseth RJ. Development of more effective conservation farming systems through participatory on-farm research. *Am. J. Alt. Agric.* 1999; 14:98–102.
148. Delate K. Using an agroecological approach to farming systems research. *Hort Technology*. 2002; 21:345–354.
149. Langeveld JWA, van Keulen H, de Haan JJ, et al. The nucleus and pilot farm research approach: Experiences from the Netherlands. *Agric. Syst.* 2005;84:227–252.
150. van de Fliert E, Braun AR. Conceptualizing integrative, farmer participatory research for sustainable agriculture: From opportunities to impact. *Agric. Human Values*. 2002;19:25–38.
151. Mueller JP, Barbercheck ME, Bell M, et al. Development and implementation of a long-term agricultural systems study: Challenges and opportunities. *HortTechnology*. 2002;12: 362–368.

BÖLÜM 2

HAYVAN GÜBRESİ

*Faruk TOHUMCU*¹

GİRİŞ

Sürdürülebilir tarım, doğal kaynakların korunması ve yönetimini esas alarak ekolojik döngünün her bir birimi üzerindeki tarımsal faaliyetlerin etkisini inceleyen bir tarım sistemidir (1).

Konvansiyonel tarımda tarım alanları toprak işleme, kimyasal gübreleme ve ilaçlama faaliyetlerine yoğun bir şekilde maruz kaldığı için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde bozulmalar meydana gelir. Bu bozulmaların sonucunda toprakların verimlilik ve üretkenlik özellikleri etkilenir.

Toprakların üretkenlik ve verimlilik durumlarını etkileyen en önemli özelliklerden biri organik madde içeriğidir. Toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin geliştirilmesinde organik madde çok önemli bir rol oynar.

Toprakta organik madde miktarını artırmanın veya yeterli olan organik madde miktarını sürekli kılmanın pek çok yönetsel yolu vardır. Azaltılmış toprak işleme veya sıfır toprak işleme, bitki artıklı tarım, yeşil gübre bitkilerinin ekilmesi, bitki rotasyonu uygulamak ve doğrudan organik gübreleme yapmak başlıca yöntemlerdir. Bu yöntemler çevre şartlarına ve ekonomik faktörlere bağlı olarak tek başına veya değişik kombinasyonlarla uygulanabilir.

Geçmişten günümüze organik madde kaynağı olarak en çok kullanılan yöntem hayvan gübresi uygulamalarıdır. Arkeolojik araştırmalar, insanoğlunun bitki yetiştirmek amacıyla toprağı ve hayvan gübrelerini kullanımının 12000 yıl öncesi neolitik döneme kadar uzandığını bildirirler (2). İlk zamanlarda toprakla ilgili herhangi bir ıslah faaliyeti gerçekleştirilmeyen insan, zamanla toprağı gözlemlemiş ve hayvan dışkılarının bitkilerin büyümesine olumlu yönde etki ettiğini keşfetmiştir (3). Böylelikle gübre keşfedilmiş, tarımsal faaliyetlerde kullanılmaya başlanmıştır.

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
faruk.tohumcu@igdir.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4092-4868

Gübre ve toprak düzenleyici olarak büyük öneme sahip olan hayvan gübrelere hem uygulamada hem depolamada hem de olgunlaştırma sırasında toprak ve çevre sağlığı için risk oluşturmayacak şekilde gerekli olan tedbirler göz ardı edilmeden süreç takip edilmelidir.

SONUÇ

Sonuç olarak; organik maddece fakir olan ülkemiz tarım alanlarının organik madde miktarını arttırmak, yetiştiricilikte kullanılan kimyasal gübre miktarını azaltmak ve yoğun tarımsal faaliyetler sonucu bozulan tarım alanlarının geri kazanılması noktasında organik gübrelere kullanılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda toprak özellikleri, bitki çeşidi, iklim ve uygulanacak hayvan gübresi çeşidi gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılacak hayvan gübresi uygulamaları ile tarım alanlarının uzun vadede sürdürülebilir kullanımını sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

1. FAO. *Building a common vision for sustainable food and agriculture, Principles and approaches*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2014.
2. Loss A, Couto RDR, Brunetto G, et al. Animal manure as fertilizer: changes in soil attributes, productivity and food composition. *International Journal of Research – GRANTHAALAYAH*; 2019; 7(9): 307-331. doi: 10.5281/zenodo.3475563
3. Ergene, A. *Toprak biliminin esasları*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınevi; 1993.
4. Sezen, Y. *Gübreler ve gübreleme*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınevi; 1995.
5. Pagliari PH, Laboski CA. (2012). Investigation of the inorganic and organic phosphorus forms in animal manure. *Journal of environmental quality*; 2012; 41(3): 901-910. doi:10.2134/jeq2011.0451
6. Fallah S, Ghanbari-Odivi A, Rostaei M, et al. Improvement of production and quality of essential oils in multi-cut peppermint (*Mentha x piperita* L.) through eco-friendly fertilizers in the semi-arid highlands. *Industrial Crops and Products*; 2024; 216(118801): 1-12. doi: 10.1016/j.indcrop.2024.118801
7. Kacar B, Katkat V. *Gübreler ve gübreleme tekniği*. Ankara; Nobel Akademik Yayıncılık; 2015.
8. Velthof GL, Bannink A, Oenema O, et al. *Relationships between animal nutrition and manure quality; a literature review on C, N, P and S compounds*. Wageningen; Alterra (Alterra-rapport 63), 2000.
9. Toor RK, Cade-Menum BJ, Sims JT. Establishing a linkage between phosphorus forms in dairy diets, feces and manures. *Journal of Environmental Quality*; 2005; 34(4): 1380-1391. doi: 10.2134/jeq2004.0232
10. Erickson PS, Kalscheur KF. Nutrition and feeding of dairy cattle. In: Bazer FW, Lamb GC, Wu G. (eds) *Animal Agriculture*. London; Academic Press Elsevier; 2020, p. 157–180. doi:10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4
11. Smith DM. Yield and composition of milk of New Zealand Berkshire sows. *New Zealand Journal of Science and Technology*; 1952; 34: 65-75.
12. Azis FA, Choo M, Suhaimi H, et al. The effect of initial carbon to nitrogen ratio on kitchen waste composting maturity. *Sustainability*; 2023; 15(6191): 1-18. doi:10.3390/su15076191

13. Winter CK, Davis SF. Organic food. *Journal of Food Science*; 2006; 9: 117-124.
14. Mukherjee A, Speh D, Dyck E, et al. Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Escherichia coli* O157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. *Journal of Food Protection*; 2004; 67: 894-900.
15. Heuvelink AE, Zwartkruis-Nahuis JTM, Van Den Biggelaar FLAM, et al. Isolation and characterization of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 from slaughter pigs and poultry. *International Journal of Food Microbiology*; 1999; 52: 67-75.
16. Doyle ME, Archer J, Kaspar C W, et al. Human illness caused by *E. coli* O157: H7 from food and non-food sources 2006. (18.08.2024 tarihinde http://fri.wisc.edu/docs/pdf/FRIBrief_EcoliO-157H7humanillness adresinden ulaşılmıştır.
17. Tohumcu F, Aydın A, Simsek U. The effects of organic wastes applied to alkaline soils on some physical and chemical properties of the soil. *Eurasian Soil Science*; 2023; 56(3): 387-403. doi: 10.1134/S1064229322601512
18. Usowicz B, Lipiec J. The effect of exogenous organic matter on the thermal properties of tilled soils in Poland and the Czech Republic. *Journal of Soils and Sediments*; 2020; 20: 365-379. doi:10.1007/s11368-019-02388-2
19. Darwish OH, Persaud N, Martens DC. Effect of long-term application of animal manure on physical properties of three soils. *Plant and Soil*; 1995; 176: 289-295. doi:10.1007/BF00011793
20. Agbede TM, Ojeniyi SO, Adeyemo AJ. Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest, Nigeria. *American-Eurasian Journal Of Sustainable Agriculture*; 2008; 2(1): 72-77.
21. Deguchi S, Kawamoto H, Tanaka O, et al. Compost application increases the soil temperature on bare Andosol in a cool climate region. *Soil Science And Plant Nutrition*; 2009; 55(6): 778-782. doi: 10.1111/j.1747-0765.2009.00420.x
22. Ndayegamiye A, Cote D. Effect of long-term pig slurry and solid cattle manure application on soil chemical and biological properties. *Canadian Journal Of Soil Science*; 1989; 69(1): 39-47. doi:10.4141/cjss89-005
23. Parham JA, Deng SP, Da HN, et al. Long-term cattle manure application in soil. II. Effect on soil microbial populations and community structure. *Biology and Fertility of Soils*; 2003; 38: 209-215. doi:10.1007/s00374-003-0657-7
24. Hamm AC, Tenuta M, Krause DO, et al. Bacterial communities of an agricultural soil amended with solid pig and dairy manures, and urea fertilizer. *Applied Soil Ecology*; 2016; 103: 61-71. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.02.015
25. Marinari S, Masciandaro G, Ceccanti, B, et al. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*; 2010; 72: 9-17. doi:10.1016/S0960-8524(99)00094-2
26. Tejada M, Garcia C, Gonzalez JL, et al. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*; 2006; 38: 1413-1421. doi:10.1016/j.soilbio.2005.10.017
27. Liu E, Yan C, Mei X, et al. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*; 2010; 153: 173-180. doi:10.1016/j.geoderma.2010.04.029
28. Muthukumar T, Udaiyan K. Influence of organic manures on arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Vigna unguiculata* (L.) Walp. in relation to tissue nutrients and soluble carbohydrate in roots under field conditions. *Biology and Fertility of Soils*; 2000; 31: 114-120. doi:10.1007/s003740050633
29. Bittman S, Forge TA, Kowalenko CG. Responses of the bacterial and fungal biomass in a grassland soil to multi-year applications of dairy manure slurry and fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*; 2005; 37: 613-623. doi:10.1016/j.soilbio.2004.07.038
30. Kabir Z, O'Halloran IP, Fyles JW, et al. Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as

- affected by tillage practices and fertilization: Hyphal density and mycorrhizal root colonization. *Plant and Soil*; 1997; 192: 285–293. doi:10.1023/A:1004205828485
31. Bolan NS. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*; 1991; 134: 189–207. Doi: 10.1007/BF00012037
 32. Ahmed S, Mickelson, SK, Pederson CH, et al. Swine manure rate, timing, and application method effects on post-harvest soil nutrients, crop yield, and potential water quality implications in a corn-soybean rotation. *Transactions of The ASABE*; 2013; 56(2): 395-408. doi: 10.13031/2013.42678
 33. Konca Y, Uzun O. Effect Of Animal Waste On Soil And Environment. In: *4th Congress of Soil Scientists of Azerbaijan*, 23-25 Mayıs 2012, Bakü, Azerbaycan, (pp. 1-6)
 34. Edmeades DC. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*; 2003; 66(2): 165-180. doi:10.1023/A:1023999816690
 35. Cromwell GL, Coffey RD. Phosphorus-a key essential nutrient, yet a possible major pollutant-its central role in animal nutrition. *Biotechnology in The Feed Industry*; 1991; 1(1): 133-145.
 36. Kemper N. Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. *Ecological Indicators*; 2008; 8(1), 1-13. doi: 10.1016/j.ecolind.2007.06.002
 37. Topal M, Uslu G, Öbek E. Antibiyotiklerin kaynakları ve çevresel etkileri. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*; 2012; 1(2); 137-152.
 38. Akdoğan Z, Küçükdoğan A, Güven B. Yayılı kirleticilerin havzalardaki taşınım süreçleri: Antibiyotikler, ağır metaller ve besi maddeleri üzerine modelleme yaklaşımları. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*; 2015; 27(1): 21-31.
 39. Kumar K, Gupta SC, Baidoo SK, et al. Antibiotic uptake by plants from soil fertilized with animal manure. *Journal of Environmental Quality*; 2005; 34(6): 2082-2085. doi:10.2134/jeq2005.0026

BÖLÜM 3

KOMPOST

Saima SEFEROĞLU¹

GİRİŞ

Tarımsal üretimin sürdürülebilir olması ve bitkisel üretimden yüksek verimlilik sağlamak için toprağın korunması, geliştirilmesinde gübreleme ve toprak düzenleyiciler büyük önem taşımaktadır. Uzun yıllardır sürdürülen yoğun ve bilinçli olmayan tarım uygulamaları, toprakların organik madde içeriğinin azalmasına neden olmuştur. Yoğun tarım işlemleri ile toprakların verimliliklerinin devamını sağlamak için toprağa yeterli miktarda organik gübre verilmesi gerekmektedir. Türkiye topraklarının büyük bir bölümünün organik madde içeriği çok düşük ve düşük seviyededir. Yapılan bilinçsiz ve yoğun tarım nedeniyle bu miktar daha da azalarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumsuz etkilemektedir (1). Sürdürülebilir bir toprak kalitesi için organik gübre uygulamalarının, toprakların organik madde (2) ve azot içeriklerinde (3) (4), önemli oranda artış sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca doğal ve yapay olarak elde edilen organik atıkların düzenli olarak toprağa uygulanması toprakların mikrobiyolojik aktivitelerini, strüktürünü, hava-su dengesini düzenleyerek toprakları olumlu yönde etkilemektedir (5, 6, 7,8).

Sağlıklı bitki ve gıda üretimi için sağlıklı bir toprağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkileri sağlıklı bir şekilde yetiştirmenin ve güçlendirmenin yolu da toprağı güçlendirmekten geçmektedir. Ayrıca toprağın bizim için çok değerli olduğu bilinmelidir ki sadece yeryüzünde 1 cm toprağın oluşabilmesi için 300 ila 500 yıl gibi bir zamanın geçmesi gerekmektedir. Doğaya baktığımızda atık denilen bir yapının olmadığını görmekteyiz. Bir canlının atığı başka bir canlının besinine dönüşmektedir. Kısaca ifade etmek gerekirse, atık adından da anlaşılacağı gibi kullanılması mümkün olmayan bir kaynaktır ve bu kullanılan kaynakların birikmesiyle de kirlilik oluşmaktadır Şekil 1.

2021 yılında ülkemiz toplam 18,2 milyon ton gıdayı çöpe atmıştır. Bu değere göre çöpümüzün %52,09'u gıdadan oluşmaktadır. Bu rakam toplam 606.000 çöp kamyonuna eş-

¹ Doç.Dr., Aydın Adnan Menders Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, sseferoglu@adu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3550-5562

KAYNAKLAR

1. Demirtaş, I.E. 2004. Kentsel katı atık kompostunun tarımda kullanımı. *DERİM*, 21(2): 27-34.
2. Alagöz, Z., Yılmaz, E. ve Öktüren, F. 2006. Organik materyal ilavesinin bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2): 245-254
3. Alagöz, Z. 2006. Antalya Bölgesinde Karanfil Yetiştirilen Sera Topraklarının Bazı Verimlilik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Journal of the Faculty of Agriculture*.
4. Okur, N., Kayıkçıoğlu, H.H., Okur, B. and Delibacak, S. 2008. Organic amendment based on tobacco waste compost and farmyard manure: Influence on soil biological properties and butter-head lettuce yield. *Turkish Journal of Agricultural Forestry*, 32(2): 91-99.
5. Eriksen, J. 2005. Gross sulphur mineralisation-immobilisation turnover in soil amended with plant residues. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(12): 2216-2224.
6. Randhawa, P.S., Condron, L.M., Di, H.J., Sinaj, S. and McLenaghan, R.D. 2005. Effect of green manure addition on soil organic phosphorus mineralisation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73(2-3): 181-189.
7. Candemir, F. and Gülser, C. 2007. Changes in some chemical and physical properties of a sandy clay loam soil during the decomposition of hazelnut husk. *Asian Journal of Chemistry*, 3: 2452-2460.
8. Chaturvedi, S., Upreti, D.K., Tandon, D.K., Sharma, A. and Dixit, A. 2008. Biowaste from tobacco industry as tailored organic fertilizer for improving yields and nutritional values of tomato crop. *Journal of Environmental Biology*, 29(5): 759-763.
9. Anonim, 2023. Ulusal Envanter Raporu, 2023.
10. TÜİK, 2020. Atık İstatistikleri, 2020,
11. Bari, Q.H. and Koenig, A. 2001. Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste. *Resources Conservation and Recycling*, 33(2): 91-111.
12. Sönmez, İ. 2012. Determination of the optimum mixture ratio and nutrient contents of broccoli wastes, wheat straw and manure for composting. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3-4): 972-976.
13. Sarangi, S.K. and Lama, T.D. 2013. Straw composting using earthworm (*Eudrilus eugeniae*) and fungal inoculant (*Trichoderma viridae*) and its utilization in rice (*Oryza sativa*) groundnut (*Arachis hypogaea*) cropping system. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83(4): 420-425.
14. Hewson C., Maduka I., Pham P., Saragossi J., Taylor J., Lai K.M., "Understanding and mitigating the challenge of bioaerosol emissions from urban community composting" *Atmospheric Environment*, t 45 ,1, 85-93, 2011.
15. Raj D., Antil R.S., "Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from agroindustrial wastes" *Bioresource Technology* , 102,3 ,2868-2873, 2011.
16. Bernal M.P., Albuquerque J.A., Moral R., "Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review." *Bioresource Technology* ,100 ,22, 5444-5453, 2009. Volume: 19 Issue: 1, 123 - 129, 01.06.2006
17. Rose J., "Highlights: I. Pollution of aquifers; II. Composting and waste disposal; III. Population growth and a sustainable world" *Env. Management and Health Cilt 3 3-5 1992*.
18. Arslan E.I., Ünlü A., Topal M., "Determination of the effect of aeration rate on composting of vegetablefruit wastes" *Clean-Soil Air Water* , 39, 11, 1014-1021, 2011.
19. Kacar B. ve Katkat A.V., 2007. Gübreler ve Gübreleme Tekniği, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1119; Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi: 34.
20. Kara, H., 2002. Kompost Yapımı Ve Tarımda Kullanımı, AlataBahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü.
21. Öztürk, M., 2005. Hayvan Çiftliklerinde Kompost Üretimi, http://www.cevreorman.gov.tr/moz_15.htm.

22. Polat, H. E., Olgun, M., 2005. Ülkemizdeki Hayvancılık İşletmelerinde Atık Yönetim Sistemlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi.
23. Eskicioglu C., N. Terzian, K.J. Kennedy, R.L. Droste, M. 2007. Hamoda Athermal microwave effects for enhancing digestibility of waste activated sludge *Water Res.*, 41 (2007), pp. 2457-2466
24. Erdener, U. 2010. Farklı Araştırma Uygulamalarının Kompost Üzerine Etkisi Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yük. Lisans Tezi.
25. Anonim 2024 a. <https://www.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=78>
26. Anonim, 2024b. <https://esular.com/kompost-nedir-kompost-nasil-yapilir>
27. Anonim, 2022. <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/814/gida-atiklarini-atmayin-kompost-yapipin>
28. Atalia, K.R., Buha, D.M., Bhavsar, K.A., and Shah, N.K. 2015. A review on composting of municipal solid waste. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 9(5): 20- 29.
29. Raj, D. and Antil, R.S. 2011. Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology*, 102(3): 2868-2873.
30. Anonim, 2017. <https://www.bugday.org/blog/soguk-kompost-nasil-yapilir/>
31. Özgüven, A.I. (1998). The oportcurities of using mushroom compostwaste in strawberry growing. *Tr. J. Of Agriculture ant Forestry* 22:601-607.
32. Aşık, B. B. (2001). Çay atığı kompostunun çim alanlarının oluşturulmasında kullanımı. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı. (Yüksek Lisans Tezi)s. 1-86.
33. Anonim, 2024 c <https://biorfe.com/bokashi/bokashi-kompostu-nedir/>
34. Anonim, 2024 d: <https://www.youtube.com/watch?v=ltvn1LL7ypw>
35. Göçmez, S. 2006. Menemen Ovası Topraklarında İzsu Kentsel Arıtma Çamuru Uygulamalarının Mikrobiyal Aktivite ve Biyomas ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi EÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
36. Çivrilili, S., Düzen E., Seferoğlu, S., 2008. Zeytinyağı Atığı Olan Karasuyun Farklı Materyallerle Kompostlaştırılması ve Diğer kompostlarla karşılaştırılması. I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi. 17-18 Mayıs 2008 / Edremit-Balıkesir 37- Erdin, E. (1992), Biyoçöp ve Kompost: Nedir/Nerede Kullanılır, Çevre Dergisi, Sayı 5. Enstitüsü 7
38. Erdin, E., 1981. Atık Suların Sulamada Kullanılması Su Kimyası ve Teknolojisindeki Son Gelişmeler Semineri 8-12 Haziran İzmir.
39. Glathe, H., and G. Farkasdi, 1966: Bedeutung verschiedener Faktoren für die Kompostierung. Müll und Abfallbeseitigung. Kennz. 5040; Verl. Erich Schmidt, Berlin.
40. Yalvaç, K., 1981. Atıkların Kompostlanması. https://web.deu.edu.tr/erdin/tr/ders/kati_atik/ders_not/kompost.pdf

BÖLÜM 4

SOLUCAN GÜBRESİ

Sevinç YEŞİLYURT¹
Mehmet SERTKAHYA²

GİRİŞ

Solucan gübresi, solucanların organik atıkları tüketip sindirmesiyle oluşan doğal bir gübredir. Solucan gübresinin kullanımı yüzyıllardır bilinmektedir ve modern tarımda sürdürülebilir bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Kırmızı Kaliforniya Solucanı (*Eisenia fetida*): En yaygın kullanılan türdür. Diğer Türler: *Lumbricus rubellus* ve *Eisenia hortensis* gibi diğer solucan türleri de kullanılır. Solucan gübresi üretimi için kullanılan malzemeler ve ekipmanlar; kompost kutusu, solucanlar, organik atıklardır. Organik atıklarla dolu kompost kutusuna solucanlar eklenir. Düzenli besleme ve nem kontrolü yapılır.

Kompostlama sürecinde; Solucanlar organik atıkları tüketir ve ayrıştırılmaktadır. Mikrobiyal aktivite sürecinde de faydalı mikroorganizmalar süreci hızlandırmaktadır. Böylece zengin besin içerikli solucan gübresi elde edilir. Oluşan solucan gübresinin özellikleri; Azot, fosfor, potasyum ve mikro besinler açısından zengindir. Toprak yapısını iyileştirir. Bitkilerin hastalıklara karşı direncini artırır. Solucan gübresinin en önemli faydaları da Toprak Sağlığı, Bitki Büyümesi, Çevresel Faydalardır. Toprağın su tutma kapasitesini ve havalanmasını artırır. Sağlıklı ve hızlı bitki büyümesini destekler. Organik atıkların geri dönüştürülmesine katkıda bulunur.

Ticari ve ekonomik yönüyle de küçük ölçekli üreticiler için ticari fırsatlar sunmaktadır. Doğal ve organik ürünler olarak pazarlanabilir. Yeni iş fırsatları oluşturmaktadır. Solucan gübresi üretiminde yeni teknolojiler ile organik atıkların geri dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Dünya genelinde artan ilgi, uygulamalar ile toprak verimliliği üzerine devam eden araştırmalar, solucan gübresinin sürdürülebilir tarımın önemli bir parçası olarak yerini aldığını göstermektedir.

¹ Doç.Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü sevincyeshlyurt1@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-0062-0491

² Yüksek Lisans Öğrencisi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, mehmentsertkahya@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-1395-0470

KAYNAKLAR

1. Özkan N, Dağlıoğlu M., Ünser E, et al. Vermikompostun ıspanak (spinacia oleraceal.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* .2016;4.1: 1-5.
2. Yılmaz O., Doğuş İ., & Yılmaz Z. S. (2017). 'Kırmızı solucan gübresi kimyevi gübreye alternatif olabilir mi?' *1st international symposium on multidisciplinary studies and innovative technologies proceedings book*, November 2-4, Tokat;2017.p.246-247
3. Werner M. Earthworm team up with yard trimmings in orchards. *Biocycle*.1997; 38 (6): 64-65.
4. Arancon N.Q, Edwards C.A, Bierman P, et al. Effects Of Vermicompost On Growth And Marketable Fruits Of Field-Grown Tomatoes, Peppers And Strawberries. *Pedobiologia*. 2002; 47:731-735.
5. Toplu B. *En verimli solucan gübresinin tespitinde besin seçimi üzerine bir araştırma*.Yüksek Lisans Tezi Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Kayseri;2019
6. Namlı A., Akça, O. Eysel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (eisenia fetida) ile kompostlanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*.2014;46-56.
7. Bellitürk K. Vermicomposting in Turkey: Challenges and opportunities in future. *Eurasian Journal of Forest Science* .2018;6(4): 32-41.
8. Adiloğlu S, Eryılmaz Açıkgoz F, Solmaz Y, et al. The Effects of Vermicompost on the Growth and Yield of Lettuce Plant (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *International Journal of Plant and Soil Science*.2018;21 (1): 1-5.
9. Eryılmaz Acikgoz F, Adiloglu S, Belliturk K, et al. The Effects of Rhodobacter Capsulatus and Vermicompost Applications on Agro-Morphological Traits of the Malabar Spinach (*Basella alba* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*. 2019; 28 (3): 2278- 2283.
10. Abhilash P.C, Tripathi, Edrisi S.A, et al. Sustainability of crop production from polluted lands. *Energy, Ecology and Environment*. 2016;1(1): 54-65.
11. Ceritoğlu M, Şahin S, Erman M. Vermikompost üretim tekniği ve üretimde kullanılan materyaller. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*.2019; 6(2), 230-236.
12. Schuman S.H, Simpson W.M.A. Clinical historical overview of pesticide health issues. State of the Art Reviews: *Occupational Medicine*. 1997;12(2): 203- 207.
13. Solmaz Y, Bellitürk K, Adiloğlu S, at al.Vermikompost uygulamasinin domates bitkisinin (*lycopersicon esculentum* l.) besin elementi miktarlari üzerindeki etkisi. *Tarım ve Mühendislik Dergisi*. 2017; 6(1):46- 50.
14. Bailer-Anderson C, Anderson R.S. The effects of chlorothalonil on oyster hemocyte activation: Phagocytosis, reduced pyridine nucleotides, and reactive oxygen species production. *Environmental Research*.2000; 83(1):72-78.
15. Rajendran M, Thivyatharsan R. Performance of different species of earthworm on vermicomposting. *Inter J Res*.2014;2, 2311-2476.
16. Erşahin YŞ. Vermikompost ürünlerinin eldesi ve tarımsal üretimde kullanım alternatifleri. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, .2007;2: 99-107.
17. Bellitürk K, AdiloğluS, Solmaz Y, et al. Effects of Increasing Doses of Vermicompost Applications on P and K Contents of Pepper (*Capsicum annum* L.) and Eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of Advanced Agricultural Technologies*.2017; 4 (4): 372- 375.
18. Eraslan F, Inal A, Güneş A, Erdal İ ve Coşkan A, *Türkiye'de kimyasal gübre üretim ve tüketim durumu, sorunlar, çözüm önerileri ve yenilikler*. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara;2010.p.1-25
19. Yetkin MA. *Organik gübreler e önemi*. Samsun: TC. Samsun valiliği il tarım müdürlüğü.2010(03/07/2024tarihindehttps://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Kitaplarimiz/organik_gubreler_ve_onemi.pdf adresinden ulaşılmıştır.
20. Marinissen CY, Dexter AR. Mechanisms of stabilization of earthworm casts and artificial

- casts. *Biology and Fertility of Soils*.1990; 9, 163-167.
21. Tomlin AD. The earthworm bait market in North America. In *Earthworm ecology* .1993;(pp. 331–338). Springer.
 22. Dash MC, Patra UC. Wormcast production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa, India.1979
 23. Kale RD, Krishnamoorthy, RV.Enrichment of Soil Fertility by Earthworm Activity. 1981; 64-68.
 24. Bellitürk K.Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermikompost teknolojisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*.2016;31(3), 1-5.
 25. Manyuchi MM, Phiri A, Chirinda N, Muredzi P, et al. Vermicomposting of waste corn pulp blended with cow dung manure using *Eisenia fetida*. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*.2012; 6, 753-756.
 26. Yılmaz O, Doğuş İ, Yılmaz ZS. *Kırmızı solucan gübresi kimyevi gübreye alternatif olabilir mi*. In *1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Proceedings Book, November* . November 2-4, 2017, Tokat, Turkey;2017.p.246-247
 27. Ansari AA, Rajpersaud, J. Physicochemical changes during vermicomposting of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and grass clippings. *International Scholarly Research Notices*.2012;(1), 984783.
 28. Muthukumaravel K, Amsath A, Sukumara, M. (Vermicomposting of vegetable wastes using cow dung. *Journal of chemistry*.2008; 5(4), 810-813.
 29. Domínguez J, Velando A, Ferreira, A. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species?. *Pedobiologia*.2005;49(1), 81-87.
 30. Hong Y, Kim TH, Na YE. Identity of two earthworms used in vermiculture and vermicomposting in Korea: *Eisenia andrei* and *Perionyx excavatus*. *Animal Systematics, Evolution and Diversity*.2001; 17(2), 185-190.
 31. Yılmaz AA. *Farklı ağır metallerin Eisenia andrei (toprak solucanı) üzerine gen ekspresyon düzeyinde etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.2020
 32. Perel TS. *Rasprostraneniye i zakonomernosti raspredeleniya dozhdevykh chervev fauny SSSR*. Nauka; Moscow272. Russian;1979.
 33. Csuzdi CS, Zicsi A.*Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae)*. Hungarian Natural History Museum, Budapest, 1-273;2003.
 34. Kekillioglu A, Erdoğan AA. *Dendrobaena veneta* (Rosa, 1886) 'nın Biyo-Ekolojisi, Morfolojisi ve Mevsimsel Varyasyonu Üzerine Araştırma. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*.2022.10, 2806-2810.
 35. Pop V. Zur phylogenie und Systematik der Lumbriciden. *Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*. 1941;74, 487-522.
 36. Omodeo P. Contributo alla revisione dei Lumbricidae. *Archivio Zoologico Italiano*.1956; 41(24), 143.
 37. Zicsi A.Über die Gattungen *Helodrilus* Hoffmeister, 1845 und *Proctodrilus* gen. n. (Oligochaeta: Lumbricidae). *Acta Zoologica Hungarica*.1985;31(1-3), 275-289.
 38. James SW.An illustrated key to the earthworms of the Samoan Archipelago (Oligochaeta: Glososcolecidae, Megascolecidae, Moniligastridae). *Micronesica*.2004;37(1), 1-13.
 39. Kale RD, Bano K, Krishnamoorthy RV. Potential of *Perionyx excavatus* for utilizing organicwastes. *Pedobiologia*.1982; 23, 419-425.
 40. Edwards CA, Dominguez J, Neuhauser EF. Growth and reproduction of *Perionyx excavatus* (Perr.) (Megascolecidae) as factors in organic waste management. *Biology and fertility of soils*.1998;27, 155-161.
 41. Suthar S.Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. *Biore-source technology*.2006;97(18), 2474-2477.
 42. Suthar S. Nutrient changes and biodynamics of epigeic earthworm *Perionyx excavatus* (Perrier)

- during recycling of some agriculture wastes. *Bioresource technology*.2007;98(8), 1608-1614.
43. Reinecke AJ, Hallatt L. Growth and cocoon production of *Perionyx excavatus* (Oligochaeta). *Biology and fertility of soils*.1989;8, 303-306.
 44. Didden WAM. Earthworm communities in grasslands and horticultural soils. *Biology and Fertility of Soils*.2001;33, 111-117.
 45. Edwards CA, Bohlen PJ. *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3). Springer Science & Business Media;1996.
 46. Smith EJ. (2021). *Mechanisms of carbon dioxide detection in the earthworm Eisenia hortensis*. Wake Forest University;2021
 47. Abacıoğlu E, Yatgın S, Tokel E, et al. Vermikompostun (solucan gübresi) üretimi ve bitki beslemesindeki önemi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*.2020;3(1), 1-10.
 48. Dayar N.*Türkiye’de solucan gübresi üretimiminin ekonomik analizi* . Yüksek Lisans Tezi,Uludağ Üniversitesi.FenBilimleri Enstitüsü,Tarım Ekonomisi Anabilimdalı,Bursa;2019.
 49. Tavalı İE, Uz İ, Orman Ş. Vermikompost ve tavuk gübresinin yazlık kabağın (Cucurbita pepo L. cv. Sakız) verim ve kalitesi ile toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*.2014;27(2), 119-124.
 50. Kuştutan F, Merken Ö, Ateş F.*Borun topraktaki önemi. 4. Uluslararası katılımlı toprak ve su kaynakları kongresi, 1-4 Eylül 2015, Kahramanmaraş-Turkey*.2015
 51. Gündüz CE. *Güvercin gübresi, solucan gübresi ve tavuk gübresinin mercimek (Lens culinaris Medic.) gelişimi üzerine etkisi*.Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa;2021.
 52. Demirtaş Eİ, Arı N, Arpacıoğlu A, et al. Değişik organik kökenli gübrelerin kimyasal özellikleri. *Derim*.2005;22(2), 47-52.
 53. Yağmur B, Okur, B. Kompost ahır gübresi ve kükürt uygulamalarının kireçli alkanin toprakta yetiştirilen fasulye bitkisinin gelişimi üzerine etkisi. *Toprak Su Dergisi*.2017;13-25.
 54. Chanu LJ, Hazarika S, Choudhury BU, et al. A Guide to vermicomposting-production process and socio economic aspects. *Extension bulletin*.2018;81, 30.
 55. Li K, Li P, Li H. Earthworms helping economy, improving ecology and protecting health. *International Journal of Global Environmental Issues*.2010;10(3-4), 354-365.
 56. Sinha RK, Agarwal S, Chauhan K, et al. Vermiculture technology: reviving the dreams of sir Charles Darwin for scientific use of earthworms in sustainable development programs. *Technol Invest*.2010;1(03):155
 57. Devkota D, Dhakal SC, Dhakal D, et al. Economics of production and marketing of vermicompost in Chitwan, Nepal. *Int J Agric Soil Sci*.2014;2(7), 112-117.
 58. Badhwar, V.K., Singh, S., Singh, B. (2021). *Biotransformation of Industrial Wastes for Nutrient Rich Vermicompost—A Review of the Bioconversion Process by Earthworms*. In: Singh, H., Singh Cheema, P.P., Garg, P. (eds) *Sustainable Development Through Engineering Innovations. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 113*. Singapore:Springer;2021.p.257-265. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9554-7_23
 59. Adorada JL., Assessment of vermicomposting as a waste management technology and a livelihood alternative in the Philippines. *J. Environ. Sci. Manage*.2007; 10, 28-39.
 60. Adiloglu S, Eryılmaz Acikgoz F, Bellitürk K, et al.. The effects of increasing amounts of vermicompost and a fixed amount of *Rhodobacter capsulatus* applications on macro and micro elements of plant and soil samples. *Journal of Plant Nutrition*.2021;44 (19): 2876-2884.
 61. Adhikary S. Vermicompost, the story of organic gold: a review. *Agric Sci*.2012;3:905-917. <https://doi.org/10.4236/as.2012.37110>.
 62. Ahmad A, Aslam Z, Bellitürk K et al.Vermicomposting methods from different wastes: an environment friendly, economically viable and socially acceptable approach for crop nutrition: a review. *Int J Food Sci Agric*.2021;5:58-68. <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2021.03.009>

63. Varghese SM ve Prabha ML . Characterizing vermicompost tea biochemically and its effect on the growth of *Capsicum frutescens*. *Malaya Journal of Biosciences*.2014;1 (2), 86-91.
64. Ahmad A, Aslam Z, Bellitürk K et al. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: a review on the miracle of nature. *J Innov Sci*.2022;8:175–187. <https://doi.org/10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187>
65. Curtis MJ, Claassen VP. Compost Incorporation Increases Plant Available Water in a Drastically Disturbed Serpentine Soil. *Soil Sci*.2005; 170, 939–953.
66. Piovan MJ, Pralongo P, Donath TW, et al.Germination Response to Osmotic Potential, Osmotic Agents, and Temperature of Five Halophytes Occurring along a Salinity Gradient. *International Journal of Plant Sciences*.2019;180(4):345-355.
67. Abdeen SA. Evaluation of vermicompost and zeolite ability to improve water and nutrients retention in a sandy soil. *J Soil Sci Agric Eng*.2020; 11:403–409. <https://doi.org/10.21608/jssae.2020.114864>
68. Cruz GSJ, Hermes PH, Miriam SV, et al. Benefits of Vermicompost in Agriculture and Factors Affecting its Nutrient Content. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*.2024; <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01880-0>
69. Ayres, M. Suppression of soilborn plant disease using compost. *3rd National Compost Research and Development Forum Organized by COMPOST Australia, Murdoch University, Perth* ; 2007.
70. Edwards CA, Arancon NQ, Greytak S.Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Bicycle*.2006;47(5), 28.
71. Munroe G. Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture. *Organic Agriculture Centre of Canada*.2007;39, 40.
72. Nakasone AK, Bettiol, W, Souza, RD. The effect of water extracts of organic matter on plant pathogens.1999.
73. Özen İ, Şimşek, ZC, Özçelik, F, et al. Solucan Gübresi Üretim Tesisi İçin Bir Karar Destek Sistemi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 2019;27(2), 85-92.
74. Bellitürk K. Some Evaluations about Use of Vermicompost in Agricultural Activity of Thrace Region, Turkey: A Review. *Journal of Rice Research*.2018; 6, 193. doi: <https://doi.org/10.4172/2375-4338.1000193>.
75. Das AK, Rout SK, Dash SK, et al. *Internet of Things and Cloud Computing for Smart Vermicomposting by Using Eisenia Fetida and Its Optimization by ANN*. In: Peter, J.D., Fernandes, S.L., Alavi, A.H. (eds) *Disruptive Technologies for Big Data and Cloud Applications. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 905. Springer, Singapore. :2022,p.375–387https://doi.org/10.1007/978-981-19-2177-3_37
76. Bagali V, Jiddi V, Jahagirdar W, Vermicomposting of Biodegradable Waste: An Iot based Approach. In *Proceedings of the 2021 5th International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer Technologies and Optimization Techniques (ICEECCOT), Mysuru, India, 10–11 December 2021*; IEEE: New York, NY, USA, 2021; pp. 443–447.
77. Sánchez-Mojica, KY, Pérez-Domínguez LA., Gutiérrez Londoño, J, et al. Data Analytic Monitoring with IoT System of the Reproductive Conditions of the Red Worm as a Product Diversification Strategy. *Applied Sciences*.2023; 13(18),10522. <https://doi.org/10.3390/app131810522>
78. Shalini VB., Maheswari AU, Marimuthu C, et al. Vermi-Composting using AI in IoT. In *2022 International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC 2022)* , 09-11 May 2022, Salem, India : IEEE;2022. pp. 1489-1493.
79. Declaro, AJCB, *Design, Fabrication, and Performance Evaluation of a Vermicomposting Machine (August 14, 2018)*. *Proceedings of the International Conference on Responsive Education & Socio-Economic Transformation (ICRESET) 2018*, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3409213> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3409213>
80. Kim JO, Lee CH.Development of the On-Site Vermicomposting Unit for Sewage Sludge. *Jour-*

- nal of the Korea Organic Resources Recycling Association.*2003;11(1), 92-96.
81. Duan Y, Yang J, Awasthi MK, et al. Innovations in design and operation of aeration devices for composting and vermicomposting. In: Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Elsevier, 2023; p. 57-81.
 82. Pradumnya G, Aditi J, Sanket G, et al. Design and Manufacturing of Vermicompost Cleaning Machine. *Stress.*2020; 400(2135), 854000.
 83. Ghorbani M, Sabour MR, Bidabadi M. Vermicomposting smart closed reactor design and performance assessment by using sewage sludge. *Waste and Biomass Valorization.*2021; 6177-6190.
 84. Abbasi SA, Hussain N, Tauseef SM, et al. A novel flippable units vermireactor train system-FLUVTS- for rapidly vermicomposting paper waste to an organic fertilizer. *Journal of Cleaner Production.* 2018;198, 917-930.
 85. Sinha RK, Herat S, Valani D, et al. Earthworms–the environmental engineers: review of vermiculture technologies for environmental management and resource development. *International Journal of Global Environmental Issues.*2010; 10(3-4), 265-292.
 86. Dey Chowdhury S, Suhaib KH, Bhunia P, et al. A critical review on the vermicomposting of organic wastes as a strategy in circular bioeconomy: mechanism, performance, and future perspectives. *Environmental Technology.*2023; 1-38.
 87. Kim JO, Lee CH. Current Status and Future of Vermicomposting Industries in Korea. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association.*2001;9(2), 52-57.
 88. Meghvansi MK, Khan MH, Rajeev Gupta RG, et al. Vermibiotechnology: relevance, challenges and future prospects for India. *South Asian Journal of Experimental Biology.* 2015; 5.(6), 222-228 .
 89. Kalam A, Ahmad SR. An outlook of vermicomposting and its Scope in future. *J. Chem. Biol. Phys. Sci.*2017; 7, 49-65.
 90. Vig AP, Suthar SS, Singh, J (ed). Earthworms and their Ecological Significance. New York: Nova Science Publisher;2022.p.79-95.
 91. Kumar A, Prakash CB, Brar NS, et al. Potential of vermicompost for sustainable crop production and soil health improvement in different cropping systems. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*2018;7(10), 1042-1055.
 92. Arya N, Kala S. Assessment on the Economic and Environmental Benefits of Household Waste Management through Vermicomposting. *International Advanced Research Journal in Science.*2021;8(12)66-73.
 93. Rajendran M, Thivyatharsan R. Performance of different species of earthworm on vermicomposting. *Inter J Res.*2014; 2, 2311-2476.
 94. Ahmadi T, Casas CA, Escobar N,et al. Municipal organic solid waste composting: development of a tele-monitoring and automation control system. *Agronomy Research.*2020;18(3), 1911–1925
 95. Meenakumari T, Shehkar M.Vermicompost and other fertilizers effects on growth, yield and nutritional status of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant. *World Res J Agric Biotechnol.*2012;1(1):14–16.
 96. Suthar S. Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop. *Int J Plant Prod.*2009; 3(1):27–38.
 97. Piya S, Shrestha I, Gauchan DP. Vermicomposting in organic agriculture: influence on the soil nutrients and plant growth. *Int J Res.*2018 5(20), 1055-1063.
 98. Shen Z, Yu Z, Xu L, Zhao, et al. Effects of Vermicompost Application on Growth and Heavy Metal Uptake of Barley Grown in Mudflat Salt-Affected Soils. *Agronomy.* 2022; 12(5), 1007
 99. Hoque TS ,Hasan AK, Hasan MA, et al. Nutrient Release from Vermicompost under Anaerobic Conditions in Two Contrasting Soils of Bangladesh and Its Effect on Wetland Rice Crop. *Agriculture.*2022; 12(3), 37.

100. Ozyazici G, Turan N. Effect of vermicompost application on mineral nutrient composition of grains of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* m.). *Sustainability*.2021; 13(11), 6004.
101. Khalifa TH, Mariey SA, Ghareeb ZE, et al. Effect of organic amendments and nano-zinc foliar application on alleviation of water stress in some soil properties and water productivity of barley yield. *Agronomy*.2022; 12(3), 585.
102. Ibrahim MM, Mahmoud EK, Ibrahim DA. Effects of vermicompost and water treatment residuals on soil physical properties and wheat yield. *International Agrophysics*.2015; 29(2), 157.
103. Dhanuja C, Saxena DK, Abbasi T, et al. Effect of application of vermicompost on methane emission and grain yield of Chinna Ponni paddy crop. *Paddy and Water Environment*.2019; 17, 797-802.
104. Carter LJ, Garman CD, Ryan J, et al. Fate and uptake of pharmaceuticals in soil–earthworm systems. *Environmental science & technology*.2014; 48(10), 5955-5963.
105. Mougin C, Cheviron N, Repincay C, Hedde, et al. Earthworms highly increase ciprofloxacin mineralization in soils. *Environmental chemistry letters*.2016;11(2), 127-133.
106. Liu N, Lou X, Li X, et al. Rhizosphere dissolved organic matter and iron plaque modified by organic amendments and its relations to cadmium bioavailability and accumulation in rice. *Science of The Total Environment*.2021; 792, 148216.
107. Sengupta S, Bhattacharyya K, Mandal J, et al. Deficit irrigation and organic amendments can reduce dietary arsenic risk from rice: Introducing machine learning-based prediction models from field data. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.2021; 319, 107516.

BÖLÜM 5

MİKROBİYAL GÜBRELER

Kemal DOĞAN¹

GİRİŞ

Sürdürülebilir Organik tarım sistemlerinde kullanılan en önemli girdilerden biri mikrobiyal gübrelerdir. Toprakta, bitki kök bölgesinde yoğun olarak yaşayan ve yaşam faaliyetleri sonucu bitkiler için çok önemli besin elementlerinin alınımı kolaylaştıran, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde düzenleyici etkileri bulunan canlı gruplarına mikrobiyal gübreler denilmektedir. Mikrobiyal gübreler genelde, tarımsal üretimde kullanılmak için hazırlanan ticari materyaller olarak da bilinmektedir. Bu ticari formülasyon içerisinde bulunan faydalı mikro canlılar toprak ekosisteminde özellikle kök bölgesinde (rizosfer) yaşamakta olup tarımsal uygulamalardaki yararları ve etkinlik dereceleri, sahip oldukları enzim yetenekleri, popülasyon yoğunlukları, çevresel etkileşimleri ile olumlu ve olumsuz karşılıklı ilişkilerine göre değişmektedir.

Artan insan nüfusunu besleme kaygılarıyla, başvurulana yoğunlaştırılmış tarımsal uygulamalar, verimli toprakların azalmasına ve ürün kalitesinin düşmesine neden olmuştur. Konvansiyonel tarım olarak bilinen yoğunlaştırılmış tarımsal uygulamalarda kullanılan makine sistemleri, kimyasal gübreler ve tarım ilaçları yalnızca toprak verimliliğini değil aynı zamanda toprak mikrobiyal aktivitelerini ve biyoçeşitliliğini de düşürmüştür. Bununla beraber yeni zararlı ve hastalıkların da çıkmasına neden olmuştur (1, 2).

Yapılan birçok araştırma sonucu, hızla artan dünya nüfusunun, 2050 yılında %34 artışını rapor etmiştir. Bu artışla birlikte dünya nüfusunun 9,1 milyar olacağı öngörülmektedir. Bu artışa göre üretim miktarının da artacağı ortadadır. Ancak artışın yapılması için uygun ve yeterli miktarda toprak olmayacağı da öngörülmektedir (3). Yoğunlaştırılmış tarımsal uygulamaların toprak verimliliğine ve kalitesine verdiği zararlar nedeniyle her geçen gün biraz daha azalan verimli topraklarla geleceği beslemek mümkün görülmemektedir. Bu öngörü, bugünün koşullarına göre doğru olarak kabul edilse de gelecekte daha iyi

¹ Prof.Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, kdogan@mku.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-5448-0009

KAYNAKLAR

1. Okur N, Okur B, Yağmur Y. Biofertilizers: power of beneficial Microorganisms in soil. Chap. 16. Fertilizer and their efficient use sustainable agriculture. Edited By. Bellitürk K, Aslam Z. P. 2021. 483-508.
2. Can A, Doğan K. Determination Of Some Microbial Activity in Soil Managed With Stubble Burned-Unburned, Traditional And No-Tillage Systems . Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2017. Vol. LX, ISSN 2285-5785, 29-35.
3. Yıldırım U. Trakya Bölgesinde tarımsal gübre kullanımının analizi (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (2020).Tekirdağ.
4. Atıcı, C. T. Kimyasal ve organomineral gübre uygulamasının buğday bitkisinin verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Şütcü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 2020. Kahramanmaraş.
5. Sarıoğlu A, Doğan K, Kızıltuğ T, Coşkan A. Organo-Mineral Fertilizer Applications For Sustainable Agriculture. Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2017. Vol. LX, ISSN 2285-5785, 161-166.
6. FAO. How to feed the world in 2050. 01 Aralık 2021, Erişim adresi: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf. 2015.
7. Kılıç Ş, Doğan K, Keskin SG. Yanlış Arazi Kullanımı ve Anız Yakma Sorununa Çözüm Önerileri. Tralleis Elektronik Dergisi. 1. 2013. 36-44.
8. Doğan K, Gök M, Coşkan A. Denitrification Rated Soil Respiration with Respect to Organic Substrate Applications in Çukurova Region. Proceedings of the Workshop for the Research Project on the Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas (ICCAP). March 9-10. 2006. Kyoto, JAPAN. P. 42-45.
9. Dünya Bankası, 01 Ocak 2022, Erişim Adresi: https://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS?end=2016&most_recent_year_desc=true&start=2002&view=chart
10. Kocagöz YM. Organik ve Kimyasal Gübre Kullanımının Araştırılması: Tekirdağ İlinin Muratlı İlçesi Örneği. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yüksek lisans tezi. 2022.
11. Ahsan T, Tian PC, Gao J, Wang C, Liu C, Huang YQ. Effects of microbial agent and microbial fertilizer input on soil microbial community structure and diversity in a peanut continuous cropping system, Journal of Advanced Research, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.11.028>.
12. Haktanır K, Arcaç S. Toprak Biyosojisi. Toprak Ekosistemine Giriş. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Toprak Böl. Yayın No: 1486. 1997. Ders Kitabı:447. ANKARA
13. Karaman MR, Brohi AR, Müftüoğlu NM, Öztaş T, Zengin M. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. Toprak Biyolojisi. S. 172. 2012.
14. Elliott T. Aggregate Structure and Carbon, Nitrogen, and Phosphorus in Native and Cultivated Soils. <https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000030017x>. Soil Health and Sustainable Agriculture in Brazil. Soil Microbiology and biochemistry. 1986.
15. Jena P, Bisarya D, Kumar V. Role of bio fertilizer in crop production (An element of sustainable agriculture). DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i5a.11009>. International Journal of Chemical Studies. 2020.
16. Bhattacharyya PN and Jha DK. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture, World Journal Microbiology and Biotechnology, 28:1327-1350 pp. 2012.
17. Bhardwaj D, Ansari MW, Sahoo RK and Tuteja N. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity, Microbial Cell Factories (Open Access). 2014. 13:66 pp.
18. Çakmakçı R, Erat M, Oral B, Erdoğan U and Şahin F. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acidproducing rhizobacteria, Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2009. 84(4):375-380 pp.

19. Kumar A, Singh M, Singh PP, Singh KS, Singh PK and Pandey KD. Isolation of plant growth promoting rhizobacteria and their impact on growth and curcumin content in *Curcuma longa* L., *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2016. 8:1-7 pp.
20. Turan M, Güllüce . and Von Wiren N. Yield promotion and phosphorus solubilization by plant growth-promoting rhizobacteria in extensive wheat production in Turkey, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2012. 75:818–826 pp.
21. Bahadır PS. Mikrobiyal Gübre Olarak Çeşitli *Bacillus* Biyopreparatlarının Optimum Üretim Koşulları Ve Performanslarının İncelenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyomühendislik Anabilim Dalı. 2017.
22. Ahemad M and Khan MS. Functional aspects of plant growth promoting rhizobacteria: recent advancements, *Insight Microbiology*, 2011. 1(3):39-54 pp.
23. Kumar A, Prakash A and Johri BN. *Bacillus* as PGPR in crop ecosystem. In: *Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystem*, Maheshwari D.K. (ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 2011. 37-59 Pp.
24. Doğan K, Sarıoğlu A, Ağca N. Zeytin Karasuyunun Ekolojik Yollarla Bertaraf Edilmesi ve Bazı Toprak Özelliklerine Etkisi. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Dergisi*. 2016. 31(3): 7-12.
25. Vejan P, Abdullah R, Khadiran T, Ismail S, Boyce AN. Review role of plant growth romoting Rhizobacteria in agricultural sustainability-A review. *Molecules*. 2016. 21:573.
26. Coskan A and Dogan K. Symbiotic Nitrogen Fixation in Soybean. *Soybean Physiology and Biochemistry*, Hany A. El-Shemy (Ed.), ISBN: 978-953-307-534-1, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/symbiotic-nitrogen-fixation-in-soybean>. 2011.
27. Burris RH, Roberts G P. Biological nitrogen fixation. *Annu. Rev. Nutr.* 1993. 13, 317-335.
28. Leyval C and Berthelin J. Interactions between *Laccarialaccata*, *Agrobacterium radiobacter* and beech roots: Influence on P, K, Mg, and Fe mobilization from minerals and plant growth, *Plant and Soil*. 1989. 117:103-110 pp.
29. Çakmakçı R, Dönmez F, Aydın A. and Şahin F. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions, *Soil Biology and Biochemistry*. 2006. 38:1482-1487 pp.
30. Khan MS, Zaidi A and Wani PA. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture- a review, *Agronomy for Sustainable Development*. 2007. 27:29-43 pp.
31. Okur N Ortaş İ. Bitki Besleme Editör Karaman MR. Mikrobiyoljik gübreleme ve tarımda mikorizalar. 2012. Bölüm 6. P. 555-593).
32. Bolat İ, Kara Ö. Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 218-228, 1 Haziran/June, 2017.
33. Iteima J U, Bang WJ, Onyimba IA, Egbere OJ. A review: biofertilizer; a key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *J Microbiol Biotechnol Rep*. 2018. 2(1), 22-28.

ORGANİK TARIM BİLİMİNDE MİKORİZANIN KULLANIMI VE ÖNEMİ

İbrahim ORTAŞ¹

GİRİŞ

Dünyamızda, günümüz teknolojsi ile tarımsal üretim yapılan topraklar, başta toprak işleme ve kimyasal kullanımı nedeniyle organik karbonun azalması ve mikrobiyal çeşitliliğin azalması ile tam anlamıyla besin elementlerince sömürülmüş bir tükenmişlik durumu sergilemektedir. Bu süreçte, tarımda kullanılmaması gereken alanlar, özellikle de mera alanları, büyük traktörlerle işlenerek tarımda kullanılmaya başlanmıştır [1]. Buna paralel olarak, hızla artan dünya nüfusunun besin ihtiyacını ve bitkisel ürünlere dayalı sanayinin hammadde ihtiyacını karşılamak için birim alanda alınan ürün miktarını artırma eğilimine gidilmiştir. Daha fazla üretim için yeni tarım alanları açmak yerine, tarımda modern tekniklerin (seçilmiş tohumluk, salma sulama, ağır pullukla toprak işleme, bitki koruma ilaçları, suni gübreleme ve toprak verimliliğini koruma önlemleri vb.) uygulanması ile mümkün olacağı anlayışı benimsenmiştir. 1930 yılında 2 milyar olan dünya nüfusu, 1980 yılında 4 milyar, günümüzde ise 8 milyara ulaşmış olup her 40 yılda nüfus katlanarak gıda talebi üzerindeki ciddi baskı yaratarak verim artışı konusunda yeni arayışlar başlamıştır. Geçen yüzyılda ikinci dünya savaşından sonra başta tohum ıslahını geliştirilmesi (yeşil devrim), mineral gübre kullanımı, ağır toprak işleme ve salma sulama gibi girdiler kullanılarak birçok bitkide verim 3-5 katı artışlar gösterdi.

Bu süreçte, mineral gübrelemenin verimi önemli derecede artırdığı bilinmekte olup yaklaşık 64 yıl geçmiştir. Mineral gübre sanayi, özellikle ikinci dünya savaşından sonra hızlı bir gelişme göstermiş ve mineral gübre kullanımının dünyada ve ülkemizde hızla artmasına neden olmuştur. Mineral gübrelerin genellikle suda çözünür formda bulun-

¹ Prof.Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, iortas@cu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4496-3960

2015). Mikoriza mantarları doğada bitki köklerine bağlı olarak geliştiği için gelişimleri bitki, toprak çeşitliliklerine çok bağımlıdır ve gübre yönetimi ile iklim koşullarında etkili olmaktadır. Doğal olarak ev sahibi bitki çeşitliliği ve toprak/iklim koşulları, mikorizanın organik tarımda yaygın kullanımı için önemli kısıtlılık yaratsa da mevcut bilgiler toprak, bitki ve girdi yönetimi ile mikoriza biyo-gübre olarak kullanılabilir.

Genel olarak mikorizanın iyi yönetilmesi durumunda agro-ekosistemlerdeki faaliyeti kolayca öngörülebilir. Bu bağlamda, AMF uygulamalarının daha fazla araştırılması ve uygulanması, organik tarımın geleceği için kritik öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

1. Ortaş İ, *Under Long-Term Agricultural Systems, the Role of Mycorrhizae in Climate Change and Food Security*. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 2024. 14(1): p. 101-115
2. Ortas I, Rafique M, and Çekiç FÖ, *Do Mycorrhizal Fungi Enable Plants to Cope with Abiotic Stresses by Overcoming the Detrimental Effects of Salinity and Improving Drought Tolerance?*, in *Symbiotic Soil Microorganisms*, N. Shrivastava, S. Mahajan, and A. Varma, Editors. 2021, Springer: Uttar Pradesh, India. p. 391-428.
3. Smith SE and Smith FA, *Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Nutrition and Growth: New Paradigms from Cellular to Ecosystem Scales*, in *Annual Review of Plant Biology*, Vol 62, S.S. Merchant, W.R. Briggs, and D. Ort, Editors. 2011, Annual Reviews: Palo Alto. p. 227-250.
4. Bravo A, Brands M, Wewer V, et al., *Arbuscular mycorrhiza-specific enzymes FatM and RAM2 fine-tune lipid biosynthesis to promote development of arbuscular mycorrhiza*. New Phytologist, 2017. 214(4): p. 1631-1645.doi:10.1111/nph.14533
5. Ortas I, *What is Ecological/Organic Farming? Soil Science and microbiological Point of view*. Introduction and Application of Organic Fertilizers as Protectors of Our Environment, 2022: p. 90
6. Plett JM, Kempainen M, Kale SD, et al., *A secreted effector protein of Laccaria bicolor is required for symbiosis development*. Current Biology, 2011. 21(14): p. 1197-1203.doi:10.1016/j.cub.2011.05.033
7. Bücking H and Kafle A, *Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Nitrogen Uptake of Plants: Current Knowledge and Research Gaps*. Agronomy, 2015. 5(4): p. 587-612
8. Ba AM, Plenchette C, Danthu P, et al., *Functional compatibility of two arbuscular mycorrhizae with thirteen fruit trees in Senegal*. Agroforestry Systems, 2000. 50(2): p. 95-105
9. Ortas I and Ustuner O, *Determination of different growth media and various mycorrhizae species on citrus growth and nutrient uptake*. Scientia Horticulturae, 2014. 166: p. 84-90.doi:10.1016/j.scienta.2013.12.014
10. Ortas I. *Mycorrhizal species significantly increase citrus yield and nutrient concentration under field conditions*. in *8th International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops*. 2018. Bolzano, ITALY.
11. Ortaş İ, Akpınar C, Demirbas A, et al. *Mycorrhizae-inoculated vegetable seedling production and use in field experiments for ecological farming*. in *XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Water and Nutrient Relations and Management of 1253*. 2018.
12. Estaun V, Calvet C, Camprubi A, et al., *Long-term effects of nursery starter substrate and AM inoculation of micropropagated peach x almond hybrid rootstock GF677*. Agronomie, 1999. 19(6): p. 483-489

13. Ortas I and Bykova A, *Effects of long-term phosphorus fertilizer applications on soil carbon and CO₂ flux*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2020. 51(17): p. 2270-2279.doi: 10.1080/00103624.2020.1822381
14. Begum N, Qin C, Ahanger MA, et al., *Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance*. Frontiers in Plant Science, 2019. 10: p. 1068. doi:ARTN 1068 10.3389/fpls.2019.01068
15. Jiang S, An X, Shao Y, et al., *Responses of arbuscular mycorrhizal fungi occurrence to organic fertilizer: a meta-analysis of field studies*. Plant and Soil, 2021. 469: p. 89-105
16. Ortas I, *The importance of organic/ecological agriculture for soil and plant diversity*, in *Food Safety in Vegetables and Fruits*, V. Pirinc, E. Alas, and Y.K. Haspolat, Editors. 2023, Orient Publications Ankara-Turkey. p. 169.
17. Ortaş İ, Akpınar Ç, Demirbaş A, et al. *Kaya Fosfatı ve Kompost Uygulaması ile Mikoriza Aşılmasının Turunçgil Çöğürlerinin Gelişimi ve Kök Enfeksiyonunu Üzerine Etkileri*. in *Türkiye 3. Uusal Gübre Kongresi, Tanım-Sanayi-Çevre*. 2004. Tokat: Nobel Basımevi, Ankara.
18. Radi AJ, Ventura MU, Barazetti AR, et al., *Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus clarus* on tomato promotes increasing yield under organic farming inputs*. Ciência Rural, 2024. 54: p. e20220585
19. Douds DD, Galvez L, Franke-Snyder M, et al., *Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1997. 65(3): p. 257-266
20. Gaur A and Adholeya A, *Effects of the particle size of soil-less substrates upon AM fungus inoculum production*. Mycorrhiza, 2000. 10(1): p. 43-48.doi:DOI 10.1007/s005720050286
21. Mader P, Edenhofer S, Boller T, et al., *Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation*. Biology and Fertility of Soils, 2000. 31(2): p. 150-156
22. Arihara J and Karasawa T, *Effect of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of succeeding maize*. Soil Science and Plant Nutrition, 2000. 46(1): p. 43-51
23. Karasawa T, Arihara J, and Kasahara Y, *Effects of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of maize under various soil moisture conditions*. Soil Science and Plant Nutrition, 2000. 46(1): p. 53-60.doi:Doi 10.1080/00380768.2000.10408761
24. Hegde D, Babu SNS, Qureshi AA, et al., *Enhancing nutrient-use efficiency in crop production – A review*. Indian Journal of Agronomy, 2007. 52: p. 261-274
25. Ravikumar R, Ananthkrishnan G, Appasamy T, et al., *Effect of endomycorrhizae (VAM) on bamboo seedling growth and biomass productivity*. Forest Ecology and Management, 1997. 98(3): p. 205-208
26. Michael Raviv B-ZZ and Kapulnik Y, *The Use of Compost as a Peat Substitute for Organic Vegetable Transplants Production*. 1998;
27. Espindola JAA, de Almeida DL, Guerra JGM, et al., *Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1998. 33(3): p. 339-347
28. Tarkalson DD, Jolley VD, Robbins CW, et al., *Mycorrhizal colonization and nutrient uptake of dry bean in manure and compost manure treated subsoil and untreated topsoil and subsoil*. Journal of Plant Nutrition, 1998. 21(9): p. 1867-1878
29. Taylor J and Thomson J, *Bracken litter as mulch: glasshouse evaluation of phytotoxicity*. Australian journal of experimental agriculture, 1998. 38(2): p. 161-169
30. Ortas İ, Köse Ö, Şimşek D, et al. *The Effect Of Mycorrhizal Inoculation On Tomato, Eggplant and Pepper Growth and Nutrient Uptake Of Under Field Conditions*. in *COST-838 'Programme of the Meeting of WG3 "Genetic and Cell Programmes" and of WG4 "Mycorrhizal Technology. Santiago de Compostela, Galicia/İspanya*. 2000.
31. Çetiner B, Sarı N, Ortaş İ, et al., *VA mikoriza uygulamalarının tatlı mısırdada P ve Zn alımı ile verim ve koçan özellikleri üzerine etkileri*. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri,

- 1999: p. 14-17
32. Çığışar S, Sari N, and Ortas İ, *The effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on the plant growth and nutrient uptake of cucumber*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2000. 24(5): p. 571-578
 33. Ortas I, *Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions*. Spanish Journal of Agricultural Research, 2010. 8(S1): p. S116-S122
 34. Köse Ö, Şimşek D, Ortas İ, et al. *Mikoriza İnokülasyonu, Kompost, Hayvan Gübresi ve Mineral Gübrelemenin Biber Bitkisinin Büyüme ve Besin Elementleri Alımı Üzerine Etkileri*. in M. Şefik-Yeşilsoy *International Symposium on Arid Region Soil*. Menemen İzmir-TURKEY. 1998.
 35. Ortakci D, Ortas I, and Ercan S. *The effect of different mycorrhizae species on citrus growth and nutrient uptake*. in *International Symposium on Arid Region Soil*., pp: 563. 1998.
 36. Ortaş İ, Gök G, Çakmak İ, et al. *Effect Of Va-Maycorrhizae Inoculation and Phosphorus Application on Maize Growth And Mycorrhizal Infection of Maize*. in M. Şefik Yeşilsoy *International Symposium on Arid Region Soil*. Menemen-İzmir-Turkey. 1998.
 37. Şimşek D, Ortaş İ, Köse Ö, et al. *The effect of mycorrhizal inoculation on growth and nutrient uptake of tomato, eggplant, pepper plants under field conditions*. in *International symposium on arid region soils*. 1998.
 38. Ortas I, *Determination of the extent of rhizosphere soil*. Communications in soil science and plant analysis, 1997. 28(19-20): p. 1767-1776
 39. Ortas I, Harris P, and Rowell D, *Enhanced uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plants as influenced by forms of nitrogen*. Plant and soil, 1996. 184: p. 255-264
 40. Ortaş I and Harris P. *The effect of partial soil sterilization and seasonal change on soil degradation (N-mineralization and soil chemical properties)*. in *International conference on land degradation*. 1996. Adana Istanbul.
 41. Ortas I and Rowell DL, *Effect of pH on amount of phosphorus extracted by 10 mM calcium chloride from three rothamsted soils*. Communications in soil science and plant analysis, 2000. 31(17-18): p. 2917-2923
 42. Schütz L, Gattinger A, Meier M, et al., *Improving crop yield and nutrient use efficiency via bio-fertilization—A global meta-analysis*. Frontiers in plant science, 2018. 8: p. 2204
 43. Berruti A, Lumini E, Balestrini R, et al., *Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes*. Frontiers in microbiology, 2016. 6: p. 1559
 44. Roy-Bolduc A and Hijri M, *The use of mycorrhizae to enhance phosphorus uptake: a way out the phosphorus crisis*. J. Biofertil. Biopestici, 2011. 2(104): p. 1-5
 45. Fitter A, Helgason T, and Hodge A, *Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: implications for sustainable agriculture*. Fungal Biology Reviews, 2011. 25(1): p. 68-72
 46. Cameron DD, *Arbuscular mycorrhizal fungi as (agro)ecosystem engineers*. Plant and Soil, 2010. 333(1-2): p. 1-5. doi:10.1007/s11104-010-0361-y
 47. Ortas I, *The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions*. Field Crops Research, 2012. 125: p. 35-48. doi:10.1016/j.fcr.2011.08.005
 48. Nelson NO and Janke RR, *Phosphorus sources and management in organic production systems*. Horttechnology, 2007. 17(4): p. 442-454. doi:Doi 10.21273/Horttech.17.4.442
 49. Akpınar C, Demirbas A, and Ortas I, *The Effect of Different Compost Compositions on Arbuscular Mycorrhizal Colonization and Nutrients Concentration of Leek (L.) Plant*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2019. 50(18): p. 2309-2320. doi:10.1080/00103624.2019.1659299
 50. Hameeda B, Harini G, Rupela OP, et al., *Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization*. African Journal of Biotechnology, 2007. 6(1): p. 9
 51. Ortas I, Lal R, and Kapur S, *Carbon Sequestration and Mycorrhizae in Turkish Soils*, in *Carbon Management, Technologies, and Trends in Mediterranean Ecosystems*, S. Ersahin, et al., Editors.

- 2017, Springer International Publishing Ag: Cham. p. 139-149.
52. Tang B, Man J, Lehmann A, et al., *Arbuscular mycorrhizal fungi attenuate negative impact of drought on soil functions*. *Global Change Biology*, 2024. 30(7): p. e17409
 53. Thompson JP, *Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency of sunflower*. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1987. 38(5): p. 847-867.doi:10.1071/ar9870847
 54. Ortas I and Islam KR, *Phosphorus Fertilization Impacts on Corn Yield and Soil Fertility*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2018. 49(14): p. 1684-1694.doi:10.1080/00103624.2018.1474906
 55. Barea J, Azcón R, and Azcón-Aguilar C, *Mycorrhiza and crops*. *Advances in plant pathology*, 1993. 9: p. 167-189
 56. Stribley DP, Tinker PB, and Snellgrove RC, *Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the relations of plant growth, internal phosphorus concentration and soil phosphate analyses*. *Journal of Soil Science*, 1980. 31(4): p. 655-672
 57. Thompson JP, *Correction of dual phosphorus and zinc deficiencies of linseed (*Linum usitatissimum* L) with cultures of vesicula-arbuscular mycorrhizal fungi*. *Soil Biology & Biochemistry*, 1996. 28(7): p. 941-951.doi:10.1016/0038-0717(95)00185-9
 58. Ortas I, Iqbal T, and Yücel YC, *Mycorrhizae enhances horticultural plant yield and nutrient uptake under phosphorus-deficient field soil conditions*. *Journal of Plant Nutrition*, 2019. 42(10): p. 1152-1164.doi:10.1080/01904167.2019.1609500
 59. Ortas I and Rafique M, *The Mechanisms of Nutrient Uptake by Arbuscular Mycorrhizae*, in *Mycorrhiza - Nutrient Uptake, Biocontrol, Ecorestoration*. 2017, Springer International Publishing. p. 1-19.
 60. Marschner H. *Zinc in soils and plants*. in *Proceedings of the International Symposium on Zinc in Soils and Plants*. 1993. The University of Western Australia: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
 61. Sieverding E, *Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems*. 1991, Federal Republic of Germany Eschborn.
 62. Cox G and Tinker PB, *Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas: i. The arbuscule and phosphorus transfer: a quantitative ultrastructural study*. *New Phytologist*, 1976. 77(2): p. 371-378
 63. O'Keefe DM and Sylvia DM, *Mechanisms of the vesicular-arbuscular mycorrhizal plant-growth response*, in *Handbook of Applied Mycology*, D.K. Arora, et al., Editors. 1991, Marcel Dekker, Inc.: New York. p. 35-53.
 64. Barea JM, Azcon R, and Azcon-Aguilar C, eds. *Mycorrhiza and crops*. *Advances in Plant Pathology* ed. I.C. Tommerup. Vol. 9. 1993, Academic Press: London. pp. 167-189.
 65. Gardner J, Maranville J, and Pappozzi E, *Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars*. *Crop Science*, 1994. 34(3): p. 728-733
 66. Ames RN, Mihara KL, and Bethlenfalvai GJ, *The establishment of microorganisms in vesicular-arbuscular mycorrhizal and control treatments*. *Biology and Fertility of Soils*, 1987. 3(4): p. 217-223
 67. Smith SE, John BJS, Smith FA, et al., *Effects of mycorrhizal infection on plant growth, nitrogen and phosphorus nutrition in glasshouse-grown allium cepa*. *New Phytologist*, 1986. 103(2): p. 359-373
 68. Bagyaraj D, *Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae*. 1991;
 69. George E, Haussler K, Kothari SK, et al., *Contribution of Mycorrhizal Hyphae To Nutrient And Water-Uptake Of Plants*. *Mycorrhizas in Ecosystems*, 1992: p. 42-47
 70. Marschner H and Dell B, *Nutrient-Uptake in Mycorrhizal Symbiosis*. *Plant and Soil*, 1994. 159(1): p. 89-102.doi:Doi 10.1007/Bf00000098
 71. Ortas I, *The Effect of Different Forms and Rates of Nitrogen (NH4+-N and NO3--N) and Different*

- Rates of Phosphorus Fertilizer on Rhizosphere pH and P Uptake in Mycorrhizal and non-Mycorrhizal Sorghum Plants* in *Department of Soil Science, Reading Univ.* 1994, University of Reading Reading, UK. p. 270.
72. Bethlenfalvai GJ, Brown MS, Ames RN, et al., *Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water-use and phosphate-uptake.* *Physiologia Plantarum*, 1988. 72(3): p. 565-571
 73. Bolan NS, Robson AD, and Barrow NJ, *Increasing Phosphorus Supply Can Increase the Infection of Plant-Roots by Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi.* *Soil Biology & Biochemistry*, 1984. 16(4): p. 419-420.doi:Doi 10.1016/0038-0717(84)90043-9
 74. Marschner H, *Marschner's mineral nutrition of higher plants.* 2011, London, UK.: Academic press.
 75. Linderman RG, *Mycorrhizal Interactions with the Rhizosphere Microflora - the Mycorrhizosphere Effect.* *Phytopathology*, 1988. 78(3): p. 366-371
 76. Tarafdar JC and Marschner H, *Phosphatase-Activity in the Rhizosphere and Hyphosphere of Va Mycorrhizal Wheat Supplied with Inorganic and Organic Phosphorus.* *Soil Biology & Biochemistry*, 1994. 26(3): p. 387-395.doi:Doi 10.1016/0038-0717(94)90288-7
 77. Sanders FE and Tinker PB, *Phosphate flow into mycorrhizal roots.* *Pesticide science*, 1973. 4(3): p. 385-395
 78. Bolan N, *A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants.* *Plant and soil*, 1991. 134(2): p. 189-207
 79. Abbott LK, Robson AD, and Deboer G, *The effect of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus, glomus-fasciculatum.* *New Phytologist*, 1984. 97(3): p. 437-446
 80. Marschner P, *Rhizosphere biology*, in *Marschner's Mineral Nutrition of Plants.* 2023, Elsevier. p. 587-614.
 81. Marschner P and Rengel Z, *Nutrient availability in soils*, in *Marschner's mineral nutrition of higher plants.* 2012, Elsevier. p. 315-330.

BÖLÜM 7

ALG/YOSUN GÜBRESİ

Somayyeh RAZZAGHI¹

GİRİŞ

Algler ve yosunlar, uzun zamandır doğanın sunduğu en eski ve en verimli kaynaklardan biridir (1). Bu canlılar deniz ekosistemlerinin ayrılmaz bileşenleri olup, oksijen üretiminde ve sudaki besin ağlarının temeli oluşmasında önemli rol oynar (2, 3). Son yıllarda yosunlar, sadece okyanusların değil, aynı zamanda karasal tarımda sentetik gübrelere doğal, sürdürülebilir alternatiflerdir ve toprak sağlığına, bitki büyümesine ve çevresel sürdürülebilirliğe çok sayıda fayda sunar ve bu nedenle bu sektörün önemli bir parçası haline gelmiştir ve büyük ilgi görmüştür(4, 5).

Algler, mikroskobik düzeyde olan ve tatlı su, tuzlu su ve nemli topraklarda bulunan fotosentetik organizmalardır (6, 7). Alglerin bir alt grubu olan deniz yosunları, daha büyük ve makroskopiktir. Bu bitkiler deniz ortamlarında yaygın olarak bulunur ve büyüme süreçleri sırasında çevreden önemli miktarda besin maddesi ve mineral alırlar. Bu nedenle tarımsal gübre olarak kullanıldıklarında bitkilere zengin bir besin kaynağı sunarlar (8, 9). Buna ek olarak bu doğal gübreler, toprak yapısını iyileştirir (10), organik madde miktarını artırır, ve mikrobiyal aktiviteyi destekler (11). Ayrıca, bitkilerin hastalıklara ve zararlılara karşı direncini artırarak, daha sağlıklı ve verimli ürünler elde edilmesine katkıda bulunur (12). Bu bağlamda, alg ve yosun gübrelerinin doğru ve etkili kullanımı, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de tarımsal verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır (13).

Bu bölümde alg ve deniz yosunu gübrelerinin türleri, yararları ve uygulamaları hakkında geniş bir perspektif sunulmaktadır. Bu gübrelerin tarihçesinden başlayarak, kimyasal ve biyolojik özellikleri, uygulama yöntemleri, toprak yapısı, bitki gelişmesi, dayanıklılığı ve verimi üzerindeki etkilerini eski araştırmaların bulgular ve sonuçlarına dayanarak detaylandırılacaktır. Ek olarak bu bölümde, kimyasal gübrelerin uygulamasının azaltılması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi gibi bu doğal gübrelerin kulla-

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, srazzaghi@erciyes.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-8028-452X

Alg ve yosun gübrelerin uygulama yöntemleri arasında topraktan direkt uygulama, yapraktan püskürtme, kompostlama ve tohum kaplama gibi teknikler mevcuttur. Bu gübrelerin uygulama yöntemleri, bitki türü ve iklim koşulları ve tarım arazisinin yerine göre değişebilir. Bu gübrelerin etkinliği doğru uygulama yöntemleri ve uygun dozajlarla artırılabilir. Türkiye’de bu gübrelerin doğru kullanımının teşvik edilmesi hem çiftçilerin verimliliğini artırabilir hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilir. Dünyada ise, bu gübrelerin kullanımı üzerine yapılan araştırmalar ve inovasyonlarla tarım sektörü daha sürdürülebilir hale getirilebilir. Bu bağlamda, eğitim programları, tarımda alg ve yosun gübrelere kullanımının yaygınlaşmasını desteklemelidir.

KAYNAKLAR

1. Basyuni M, Puspita M, Rahmania R, Albasri H, Pratama I, Purbani D, et al. Current biodiversity status, distribution, and prospects of seaweed in Indonesia: A systematic review. *Heliyon*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31073>
2. Fourqurean JW, Duarte CM, Kennedy H, Marbà N, Holmer M, Mateo MA, et al. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience*. 2012;5(7):505-9. <https://doi.org/10.1038/ngeo1477>
3. Cavalier-Smith T. Higher classification and phylogeny of Euglenozoa. *European Journal of Protistology*. 2016;56:250-76. <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2016.09.003>
4. Ostrowski J, Drozd A, Olchowski R, Chałabis-Mazurek A, Sienkiewicz A, Kierys A, et al. The Removal of Arsenic and Its Inorganic Forms from Marine Algae—A Base for Inexpensive and Efficient Fertilizers. *Molecules*. 2024;29(6):1348. <https://doi.org/10.3390/molecules29061348>
5. Al-Juthery HH, Al-Taweel LSJ, editors. Effect of seaweed extracts, urea, and integrated nano-fertilizer on the kinetic parameters of urease enzyme in rice-cultivated. *AIP Conference Proceedings*; 2024: AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0204875>
6. Wehr JD, Sheath RG, Kociolek JP. *Freshwater algae of North America: ecology and classification*: Elsevier; 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385876-4.00005-0>
7. Beer S, Björk M, Beardall J. *Photosynthesis in the marine environment*: John Wiley & Sons; 2014.
8. El Boukhari MEM, Barakate M, Bouhia Y, Lyamlouli K. Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*. 2020;9(3):359. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>
9. Bagh AS, Deepika V, Singh S, Mishra S, Ekka SK, Kujur R, et al. Foliar Application of Seaweed Extract and Micronutrients on Plant Growth and Yield of Strawberry (*Fragaria X Annanassa Duch*) CV. Winter Dawn: A Review. *Asian Journal of Biology*. 2024;20(2):25-31. <https://doi.org/10.9734/ajob/2024/v20i2389>
10. Qiqin L, Huaguang Z, Minxiu S, Qian L, Haijun F, Haimin C, et al. Improvement of soil structure and bacterial composition by long-term application of seaweed fertilizer. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2023;23(4):5122-32. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01341-0>
11. Chittora D, Meena M, Barupal T, Swapnil P, Sharma K. Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture. *Biochemistry and biophysics reports*. 2020;22:100737. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2020.100737>
12. Asimakis E, Shehata AA, Eisenreich W, Acheuk F, Lasram S, Basiouni S, et al. Algae and their metabolites as potential bio-pesticides. *Microorganisms*. 2022;10(2):307. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020307>
13. Khoo CG, Dasan YK, Lam MK, Lee KT. Algae biorefinery: Review on a broad spectrum of

- downstream processes and products. *Bioresource technology*. 2019;292:121964. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121964>
14. Society R, Stearn W. Carl Linnaeus: Species Plantarum. A Facsimile of the First Edition, 17531957.
 15. Sahoo D, Seckbach J. The algae world. Springer; 2015. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7321-8>
 16. Bell PR, Hemsley AR. Green plants: their origin and diversity: Cambridge University Press; 2000. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807831>
 17. Larkum A, Douglas S, Raven JA. Photosynthesis in algae: Springer Science & Business Media; 2003. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1038-2>
 18. Becker EW. Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology advances*. 2007;25(2):207-10. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002>
 19. Nigam S, Sinha S, Srivastava A, Srivastava A. Cultivation and production techniques of marine algae. *Encyclopedia of Marine Biotechnology*. 2020;1:327-40. <https://doi.org/10.1002/9781119143802.ch9>
 20. Santelices B. Patterns of reproduction, dispersal and recruitment in seaweeds. *Oceanogr AMar Biol*, 471h, Rez. 1990;28:177-276.
 21. Kim JK, Yarish C, Hwang EK, Park M, Kim Y, Kim JK, et al. Seaweed aquaculture: cultivation technologies, challenges and its ecosystem services. *Algae*. 2017;32(1):1-13. <https://doi.org/10.4490/algae.2017.32.3.3>
 22. Cecere E, Petrocelli A, Verlaque M. Vegetative reproduction by multicellular propagules in Rhodophyta: an overview. *Marine Ecology*. 2011;32(4):419-37. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2011.00448.x>
 23. Menaa F, Wijesinghe P, Thiripuranathar G, Uzair B, Iqbal H, Khan BA, et al. Ecological and industrial implications of dynamic seaweed-associated microbiota interactions. *Marine drugs*. 2020;18(12):641. <https://doi.org/10.3390/md18120641>
 24. Macedo MF, Miller AZ, Dionísio A, Saiz-Jimenez C. Biodiversity of cyanobacteria and green algae on monuments in the Mediterranean Basin: an overview. *Microbiology*. 2009;155(11):3476-90. <https://doi.org/10.1099/mic.0.032508-0>
 25. Eggert A. Seaweed responses to temperature In: Wiencke C, Bischof K, editors. *Seaweed biology*. Berlin: Springer; 2012. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28451-9_3
 26. Lewis S, Donkin M, Depledge M. Hsp70 expression in *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) exposed to environmental stressors. *Aquatic Toxicology*. 2001;51(3):277-91. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(00\)00119-3](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(00)00119-3)
 27. D'amato G, Liccardi G, D'amato M, Cazzola M. The role of outdoor air pollution and climatic changes on the rising trends in respiratory allergy. *Respiratory medicine*. 2001;95(7):606-11. <https://doi.org/10.1053/rmed.2001.1112>
 28. Hutchins DA, Tagliabue A. Feedbacks between phytoplankton and nutrient cycles in a warming ocean. *Nature Geoscience*. 2024;1-8. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01454-w>
 29. Ni L, Jie X, Wang P, Li S, Wang G, Li Y, et al. Effect of linoleic acid sustained-release microspheres on *Microcystis aeruginosa* antioxidant enzymes activity and microcystins production and release. *Chemosphere*. 2015;121:110-6. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.11.056>
 30. Bai M, Zheng Q, Zheng W, Li H, Lin S, Huang L, et al. • OH inactivation of cyanobacterial blooms and degradation of toxins in drinking water treatment system. *Water research*. 2019;154:144-52. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.002>
 31. Liu G, Zheng H, Zhai X, Wang Z. Characteristics and mechanisms of microcystin-LR adsorption by giant reed-derived biochars: Role of minerals, pores, and functional groups. *Journal of Cleaner Production*. 2018;176:463-73. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.156>
 32. Akyurt İ, Şahin Y, Koç H. Deniz marulunun (*Ulva* sp.) sıvı organik gübre olarak değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*. 2011;2(2):55-62.

33. Yarbrow J, Khorunzhy E, Boyle N. The phycosphere and its role in algal biofuel production. *Frontiers in Climate*. 2024;6:1277475. <https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1277475>
34. Pathak J, Jaiswal J, Shukla RK, Singh DK, Sinha RP. Cyanobacterial/algal biofertilizers as plant growth stimulants for green sustainable agriculture. *crops*. 2024;42:43.
35. Truong HB, Hong T, Tran QB, Lam VS, Nguyen TTN, Nguyen XC. Algae-constructed wetland integrated system for wastewater treatment: A review. *Bioresource Technology*. 2024;131003. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131003>
36. Patil S, More V, Bhalerao G, Jagtap M. Effect of combination of inorganic fertilizer and seaweed extract on yield, yield attributes and economics of soybean crop. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019;8(6):1741-4.
37. Mendes MC, Navalho S, Ferreira A, Paulino C, Figueiredo D, Silva D, et al. Algae as food in Europe: An overview of species diversity and their application. *Foods*. 2022;11(13):1871. <https://doi.org/10.3390/foods11131871>
38. Abdel-Raouf N, Al-Homaidan A, Ibraheem I. Agricultural importance of algae. *African Journal of Biotechnology*. 2012;11(54):11648-58. <https://doi.org/10.5897/AJB11.3983>
39. Choudhary N, Tripathi A, Singh PK, Parikh HS, Tiwari A. Application of algae for enhanced plant growth and food productivity. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*. 2024;4(2):564-74. <https://doi.org/10.1007/s43393-024-00233-3>
40. Saini KC, Rani A, Gupta SK, Sharma P. Algae a Potential Source in Cosmetics: Current Status, Challenges, and Economic Implications. *Indian Journal of Microbiology*. 2024;1-16. <https://doi.org/10.1007/s12088-024-01263-0>
41. Abdel-Kareem MS, ElSaied AA. Global seaweeds diversity. *Handbook of algal biofuels*: Elsevier; 2022. p. 39-55. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823764-9.00001-7>
42. Spalding HL, Amado-Filho GM, Bahia RG, Ballantine DL, Fredericq S, Leichter JJ, et al. Macroalgae. Mesophotic coral ecosystems. 2019:507-36. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92735-0_29
43. Coltelli P, Barsanti L, Evangelista V, Frassanito AM, Passarelli V, Gualtieri P. Automatic and real time recognition of microalgae by means of pigment signature and shape. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2013;15(7):1397-410. <https://doi.org/10.1039/c3em00160a>
44. Iamsiri S, Sanevas N, Watcharopas C, Wattuya P, editors. A new shape descriptor and segmentation algorithm for automated classifying of multiple-morphological filamentous algae. *Computational Science-ICCS 2019: 19th International Conference, Faro, Portugal, June 12-14, 2019, Proceedings, Part V 19*; 2019: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22750-0_12
45. Sathasivam R, Radhakrishnan R, Hashem A, Abd_Allah EF. Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi journal of biological sciences*. 2019;26(4):709-22. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.11.003>
46. Mobin S, Alam F. Some promising microalgal species for commercial applications: a review. *Energy Procedia*. 2017;110:510-7. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.177>
47. Cen C, Zhang K, Fu J, Wu X, Wu J, Zheng Y, et al. Odor-producing response pattern by four typical freshwater algae under stress: Acute microplastic exposure as an example. *Science of The Total Environment*. 2022;821:153350. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153350>
48. Bule MH, Ahmed I, Maqbool F, Bilal M, Iqbal HM. Microalgae as a source of high-value bioactive compounds. *Front Biosci*. 2018;10(2):197-216. <https://doi.org/10.2741/s509>
49. Singh J, Saxena RC. An introduction to microalgae: diversity and significance. *Handbook of marine microalgae*: Elsevier; 2015. p. 11-24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800776-1.00002-9>
50. Metting F. Biodiversity and application of microalgae. *Journal of industrial microbiology*. 1996;17:477-89. <https://doi.org/10.1007/BF01574779>
51. Lee R. *Phycology*, Cambridge University Press. Cambridge, UK. 2008.
52. Castenholz RW. Species usage, concept, and evolution in the cyanobacteria (blue green algae).

- Journal of Phycology. 1992;28(6):737-45. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1992.00737.x>
53. Guiry M, Guiry G. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland. Galway, Ireland. 2020.
 54. Sinha RP, Häder D-P. UV-protectants in cyanobacteria. *Plant Science*. 2008;174(3):278-89. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2007.12.004>
 55. Stal LJ. Coastal sediments: transition from land to sea. *The Marine Microbiome: An Untapped Source of Biodiversity and Biotechnological Potential*. 2016:283-304. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33000-6_10
 56. Monchamp M-E, Spaak P, Pomati F. Long term diversity and distribution of non-photosynthetic cyanobacteria in peri-alpine lakes. *Frontiers in microbiology*. 2019;9:3344. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03344>
 57. Jassim YA, Awadh EFA, Al-Amery SMH. A review of general properties of blue-green algae (Cyanobacteria). *Biomedicine and Chemical Sciences*. 2023;2(2):143-8. <https://doi.org/10.48112/bcs.v2i2.397>
 58. Liberton ML, Pakrasi HB. Membrane systems in cyanobacteria. *Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States ...; 2008*.
 59. Curatti L, Do Nascimento M, Pagnussat LA, Sanchez Rizza L, Sanchez AO, Garcia Martinez L, et al. Filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria: contributing to filling nitrogen and water gaps in a context of climate change. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2024;1-30. <https://doi.org/10.1007/s11157-024-09690-7>
 60. Green BR, Durnford DG. The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis. *Annual review of plant biology*. 1996;47(1):685-714. <https://doi.org/10.1146/annurev.arp-lant.47.1.685>
 61. Lewis LA, McCourt RM. Green algae and the origin of land plants. *American journal of botany*. 2004;91(10):1535-56. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.10.1535>
 62. Domozych DS, LoRicco JG. The extracellular matrix of green algae. *Plant Physiology*. 2024;194(1):15-32. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiad384>
 63. Peltier G, Stoffel C, Findinier J, Madireddi SK, Dao O, Epting V, et al. Alternative electron pathways of photosynthesis power green algal CO₂ capture. *The Plant Cell*. 2024;koae143. <https://doi.org/10.1093/plcell/koae143>
 64. Santoul F, Figuerola J, Green AJ. Importance of gravel pits for the conservation of waterbirds in the Garonne river floodplain (southwest France). *Biodiversity & Conservation*. 2004;13:1231-43. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000018154.02096.4b>
 65. Trbojević I, Predojević D. Algae in shallow and small water bodies of Serbia: a frame for species and habitat protection. *Small Water Bodies of the Western Balkans*: Springer; 2021. p. 147-88. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86478-1_8
 66. Antreich SJ, Permann C, Xiao N, Tiloca G, Holzinger A. Zygospore development of Spirogyra (Charophyta) investigated by serial block-face scanning electron microscopy and 3D reconstructions. *Frontiers in Plant Science*. 2024;15:1358974. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1358974>
 67. Milovanović V, Šinžar Sekulić J, Cvijanović D, Subakov Simić G, Trbojević I. Charophyte diversity and their habitat conservation perspectives: insights from vegetation versus sediments survey of a small pond in Serbia. *Biodiversity and Conservation*. 2024;33(4):1413-37. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02808-x>
 68. Schubert H, Blindow I, Bueno NC, Casanova MT, Pelechaty M, Pukacz A. Ecology of charophytes—permanent pioneers and ecosystem engineers. *Perspectives in Phycology*. 2018;5(1):61-74. <https://doi.org/10.1127/pip/2018/0080>
 69. Sultana S, Khan S, Shaika NA, Hena SM, Mahmud Y, Haque MM. Ecology of freshwater harmful euglenophytes: A review. *Heliyon*. 2024.
 70. Ciugulea I, Triemer RE. A color atlas of photosynthetic euglenoids. (No Title). 2010. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29625>

71. Arroyo M, Heltai L, Millan D, DeSimone A. Reverse Engineering the Euglenoid Movement. *Biophysical Journal*. 2013;104(2):148a. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2012.11.841>
72. Rahman M, Khan S. Noxious euglenophytes bloom in fertilized fish ponds. 2007.
73. Kumar H, Singh H. Xanthophyta. A Textbook on Algae: Springer; 1979. p. 123-30. https://doi.org/10.1007/978-1-349-16144-7_7
74. Guillard RR, Lorenzen CJ. Yellow-green algae with chlorophyllide c. *Journal of Phycology*. 1972;8(1). <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1972.00010.x>
75. Edward GB, David CS. Freshwater algae identification and use as bioindicators. A John Wiley & Sons, Ltd. 2010;101.
76. Yayıntaş A. Tohumuz bitkiler sistematigi: Niğde Üniversitesi Fen-Ed. Fak.; 2001.
77. Kristiansen J. Golden algae: a biology of chrysophytes. (No Title). 2005.
78. Nedbalová L, Vrba J, Fott J, Kohout L, Kopáček J, Macek M, et al. Biological recovery of the Bohemian Forest lakes from acidification. *Biologia*. 2006;61(20):S453-S65. <https://doi.org/10.2478/s11756-007-0071-y>
79. Škaloud P, Kristiansen J, Škaloudová M. Developments in the taxonomy of silica scaled chrysophytes—from morphological and ultrastructural to molecular approaches. *Nordic journal of botany*. 2013;31(4):385-402. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00119.x>
80. Falkowski PG, Raven JA. Aquatic photosynthesis: Princeton University Press; 2013.
81. Volpe C, Nymark M, Brembu T. Genetic Regulation of Diatom Photosynthesis: Understanding and Exploiting Genetic Diversity. *Diatom Photosynthesis: From Primary Production to High Value Molecules*. 2024:45-79. <https://doi.org/10.1002/9781119842156.ch2>
82. Khan SI, Satam S. Seaweed mariculture: scope and potential in India. *Aquaculture asia*. 2003;8(4):26-9.
83. Zubia M, Payri CE, Deslandes E, Guezennec J. Chemical composition of attached and drift specimens of *Sargassum mangarevense* and *Turbinaria ornata* (Phaeophyta: Fucales) from Tahiti, French Polynesia. 2003. <https://doi.org/10.1515/BOT.2003.059>
84. Keskin kaya HB. Akdeniz, Ege ve Marmara Denizleri'nden Toplanan Bazı Makroalg Türlerinin Biyoaktif Metabolit İçeriklerinin ve Etkilerinin Belirlenmesi. 2022.
85. Aly SH, Elhawary EA, Elissawy AM, Mostafa NM, Eldahshan OA, Singab ANB. 13 Brown Algae (Phaeophyta). *Aquatic Medicinal Plants*. 2023:203. <https://doi.org/10.1201/9781003256830-13>
86. Arfin T, Sonawane K, Saidankar P, Sharma S. Role of microbes in the bioremediation of toxic dyes. Integrating green chemistry and sustainable engineering. 2019:443-72. <https://doi.org/10.1002/9781119509868.ch14>
87. Lin S. Genomic understanding of dinoflagellates. *Research in microbiology*. 2011;162(6):551-69. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2011.04.006>
88. Cohen NR, McIlvin MR, Moran DM, Held NA, Saunders JK, Hawco NJ, et al. Dinoflagellates alter their carbon and nutrient metabolic strategies across environmental gradients in the central Pacific Ocean. *Nature Microbiology*. 2021;6(2):173-86. <https://doi.org/10.1038/s41564-020-00814-7>
89. Benites LF, Alves-Lima C. Viruses of Rhodophyta: lack of cultures and genomic resources pose a threat to the growing red algal aquaculture industry. *Applied Phycology*. 2022;3(1):285-99. <https://doi.org/10.1080/26388081.2022.2059701>
90. Guiry M, Guiry G. *AlgaeBase*. Galway: World-wide electronic publication, National University of Ireland; 2016. 2016.
91. Lüning K. *Seaweeds: their environment, biogeography, and ecophysiology*: John Wiley & Sons; 1991.
92. Araújo R, Calderón FV, López JS, Azevedo I, Bruhn A, Fluch S, et al. Current status of the algae production industry in Europe: An emerging sector of the blue bioeconomy., 2021, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.626389>
93. Amorim RdNdS, Rodrigues JAG, Holanda ML, Quinderé ALG, Paula RCMD, Melo VMM,

- et al. Antimicrobial effect of a crude sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gracilaria ornata*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2012;55:171-81. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000200001>
94. Shah UN. OCCURRENCE, STRUCTURE OF THALLUS AND MODE OF REPRODUCTION IN RHODOPHYTA. *Fundamentals of Algae and Bryophytes*. 2023:65.
 95. Freitas MV, Pacheco D, Cotas J, Mouga T, Afonso C, Pereira L. Red seaweed pigments from a biotechnological perspective. *Phycology*. 2021;2(1):1-29. <https://doi.org/10.3390/phyco-logy2010001>
 96. Bokil K, Mehta V, Datar D. Seaweeds as manure: II. Pot culture manurial experiments on wheat [India]. *Phykos*. 1974;13.
 97. Das P, Khan S, Chaudhary AK, AbdulQuadir M, Thaher MI, Al-Jabri H. Potential applications of algae-based bio-fertilizer. *Biofertilizers for sustainable agriculture and environment*. 2019:41-65. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_3
 98. Petruz A, Faez R, Souza CF. Enhancing marine algae composites with cellulose nanofibrils for sustainable nutrient management. *Cellulose*. 2024;1-15. <https://doi.org/10.1007/s10570-024-05947-0>
 99. Chatzissavvidis C, Therios I. Role of algae in agriculture. *Seaweeds (Ed Pomin VH)*. 2014:1-37.
 100. Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM, et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of plant growth regulation*. 2009;28:386-99. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
 101. Karthikeyan K, Shanmugam M. Grain yield and functional properties of red gram applied with seaweed extract powder manufactured from *Kappaphycus alvarezii*. *Intl J Recent Advan Multi Res*. 2016;3:1353-9.
 102. Chen K-E, Chen H-Y, Tseng C-S, Tsay Y-F. Improving nitrogen use efficiency by manipulating nitrate remobilization in plants. *Nature plants*. 2020;6(9):1126-35. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00758-0>
 103. Chojnacka K, Michalak I, Dmytryk A, Gramza M, Słowiński A, Górecki H. Algal extracts as plant growth biostimulants. *Marine algae extracts: Processes, products, and applications*. 2015:189-212. <https://doi.org/10.1002/9783527679577.ch11>
 104. Fernandez FGA, Sevilla JMF, Grima EM. Microalgae: The basis of mankind sustainability. *Case Study of Innovative Projects-Successful Real Cases; Llamas, B, Ed*. 2017:123-40. <https://doi.org/10.5772/67930>
 105. Burén S, Jiménez-Vicente E, Echavarrri-Erasun C, Rubio LM. Biosynthesis of nitrogenase cofactors. *Chemical Reviews*. 2020;120(12):4921-68. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00489>
 106. Ammar EE, Aioub AA, Elesawy AE, Karkour AM, Mouhamed MS, Amer AA, et al. Algae as Bio-fertilizers: Between current situation and future prospective. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022;29(5):3083-96. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.020>
 107. Türkmen A, Kütük Y. Effects of chemical fertilizer, algae compost and zeolite on green bean yield. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2017;5(3):289-93. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i3.289-293.977>
 108. Thomas L, Singh I. Microbial biofertilizers: types and applications. *Biofertilizers for sustainable agriculture and environment*. 2019:1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_1
 109. Imtiaz H, Mir AR, Corpas FJ, Hayat S. Impact of potassium starvation on the uptake, transportation, photosynthesis, and abiotic stress tolerance. *Plant Growth Regulation*. 2023;99(3):429-48. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00925-7>
 110. Saud S, Chun YaJun CY, Razaq M, Luqman M, Fahad S, Abdullah M, et al. Effect of potash levels and row spacings on onion yield. 2013.
 111. Ullah H, Rahimi AZ, Datta A. Growth and yield of lowland rice as influenced by potassium application and cultivation method under alternate wetting and drying water regime. *Journal of Plant Nutrition*. 2019;42(13):1529-42. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1628973>

112. Sivakumar S, Arunkumar K. Sodium, potassium and sulphate composition in some seaweeds occurring along the coast of Gulf of Mannar, India. 2009. <https://doi.org/10.3923/ajps.2009.500.504>
113. Gangaiah C. Determining Potassium (K+) Release, Crop Availability and Uptake from Three Red Algal (Rhodophyta) Species 2017.
114. Kingman A, Moore J. Isolation, purification and quantitation of several growth regulating substances in *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyta). 1982. <https://doi.org/10.1515/botm.1982.25.4.149>
115. da Cunha Cruz Y, Scarpa ALM, Pereira MP, de Castro EM, Pereira FJ. Root anatomy and nutrient uptake of the cattail *Typha domingensis* Pers.(Typhaceae) grown under drought condition. *Rhizosphere*. 2020;16:100253. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100253>
116. Fathi A, Afra JM. Plant Growth and Development in Relation to Phosphorus: A review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture*. 2023;80(1):1-7. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:2022.0012>
117. Chapman VJ. Seaweeds and their uses. 1970.
118. Sathya B, Indu H, Seenivasan R, Geetha S. Influence of seaweed liquid fertilizer on the growth and biochemical composition of legume crop, *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. *Journal of Phytology*. 2010;2(5).
119. Peckol P, DeMeo-Anderson B, Rivers J, Valiela I, Maldonado M, Yates J. Growth, nutrient uptake capacities and tissue constituents of the macroalgae *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae* related to site-specific nitrogen loading rates. *Marine biology*. 1994;121:175-85. <https://doi.org/10.1007/BF00349487>
120. Lourenço SO, Barbarino E, Nascimento A, Freitas JN, Diniz GS, editors. Tissue nitrogen and phosphorus in seaweeds in a tropical eutrophic environment: What a long-term study tells us. Eighteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the Eighteenth International Seaweed Symposium, held in Bergen, Norway, 20–25 June 2004; 2007: Springer.
121. Bhatla SC, A. Lal M, Kathpalia R, Bhatla SC. Plant mineral nutrition. *Plant physiology, development and metabolism*. 2018;37-81. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_2
122. Kobayashi T, Nozoye T, Nishizawa NK. Iron transport and its regulation in plants. *Free Radical Biology and Medicine*. 2019;133:11-20. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.10.439>
123. Kar S, Panda SK. Iron homeostasis in rice: Deficit and excess. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. 2020;90:227-35. <https://doi.org/10.1007/s40011-018-1052-3>
124. Helliwell CA, Poole A, James Peacock W, Dennis ES. Arabidopsis ent-kaurene oxidase catalyzes three steps of gibberellin biosynthesis. *Plant physiology*. 1999;119(2):507-10. <https://doi.org/10.1104/pp.119.2.507>
125. Chen B, Zou D, Yang Y. Increased iron availability resulting from increased CO₂ enhances carbon and nitrogen metabolism in the economical marine red macroalga *Pyropia haitanensis* (Rhodophyta). *Chemosphere*. 2017;173:444-51. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.073>
126. Raven JA. Iron acquisition and allocation in stramenopile algae. *Journal of Experimental Botany*. 2013;64(8):2119-27. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert121>
127. Abirami R, Kowsalya S. Nutrient and nutraceutical potentials of seaweed biomass *Ulva lactuca* and *Kappaphycus alvarezii*. *Nong Ye Ke Xue Yu Ji Shu*. 2011;5(1).
128. Sadeghzadeh B. A review of zinc nutrition and plant breeding. *Journal of soil science and plant nutrition*. 2013;13(4):905-27. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000072>
129. Sousa SF, Lopes AB, Fernandes PA, Ramos MJ. The Zinc proteome: a tale of stability and functionality. *Dalton Transactions*. 2009(38):7946-56. <https://doi.org/10.1039/b904404c>
130. Castillo-González J, Ojeda-Barrios D, Hernández-Rodríguez A, González-Franco AC, Robles-Hernández L, López-Ochoa GR. Zinc metalloenzymes in plants. *Interciencia*.

- 2018;43(4):242-8.
131. Natasha N, Shahid M, Bibi I, Iqbal J, Khalid S, Murtaza B, et al. Zinc in soil-plant-human system: A data-analysis review. *Science of the Total Environment*. 2022;808:152024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152024>
 132. Akther MS, Das U, Tahura S, Prity SA, Islam M, Kabir AH. Regulation of Zn uptake and redox status confers Zn deficiency tolerance in tomato. *Scientia Horticulturae*. 2020;273:109624. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109624>
 133. Badger MR, Price GD. The role of carbonic anhydrase in photosynthesis. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*. 1994;45(1):369-92. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.45.060194.002101>
 134. Wresdiyati T, Hartanta AB, Astawan M. The effect of seaweed *Eucheuma cottonii* on superoxide dismutase (SOD) liver of hypercholesterolemic rats. *HAYATI Journal of Biosciences*. 2008;15(3):105-10. <https://doi.org/10.4308/hjb.15.3.105>
 135. Brinza L, Geraki K, Cojocar C, Holdt SL, Neamtu M. Baltic *Fucus vesiculosus* as potential bio-sorbent for Zn removal: Mechanism insight. *Chemosphere*. 2020;238:124652. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124652>
 136. Nazir F, Hussain A, Fariduddin Q. Hydrogen peroxide modulate photosynthesis and antioxidant systems in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants under copper stress. *Chemosphere*. 2019;230:544-58. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.001>
 137. Garcia L, Welchen E, Gonzalez DH. Mitochondria and copper homeostasis in plants. *Mitochondrion*. 2014;19:269-74. <https://doi.org/10.1016/j.mito.2014.02.011>
 138. Raldugina GN, Krasavina MS, Lunkova NF, Burmistrova NA. Resistance of plants to Cu stress: transgenesis. *Plant metal interaction: Elsevier*; 2016. p. 69-114. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803158-2.00004-7>
 139. Shabbir Z, Sardar A, Shabbir A, Abbas G, Shamshad S, Khalid S, et al. Copper uptake, essentiality, toxicity, detoxification and risk assessment in soil-plant environment. *Chemosphere*. 2020;259:127436. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127436>
 140. Thomas G, Andresen E, Mattusch J, Hubáček T, Küpper H. Deficiency and toxicity of nanomolar copper in low irradiance—a physiological and metalloproteomic study in the aquatic plant *Ceratophyllum demersum*. *Aquatic Toxicology*. 2016;177:226-36. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.05.016>
 141. Raven JA, Evans MC, Korb RE. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O₂-evolving organisms. *Photosynthesis research*. 1999;60:111-50. <https://doi.org/10.1023/A:1006282714942>
 142. Scheiber IF, Pilátová J, Malych R, Kotabova E, Krijt M, Vyoral D, et al. Copper and iron metabolism in *Ostreococcus tauri*—the role of phytoferritin, plastocyanin and a chloroplast copper-transporting ATPase. *Metallomics*. 2019;11(10):1657-66. <https://doi.org/10.1039/c9mt00078j>
 143. Kovács B, Puskás-Preszner A, Huzsvai L, Lévai L, Bódi É. Effect of molybdenum treatment on molybdenum concentration and nitrate reduction in maize seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2015;96:38-44. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.07.013>
 144. Parker M, Harris H. Yield and Leaf Nitrogen of Nodulating and Nonnodulating Soybeans as Affected by Nitrogen and Molybdenum 1. *Agronomy journal*. 1977;69(4):551-4. <https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900040007x>
 145. Roychoudhury A, Chakraborty S. Cobalt and molybdenum: deficiency, toxicity, and nutritional role in plant growth and development. *Plant nutrition and food security in the era of climate change: Elsevier*; 2022. p. 255-70. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822916-3.00021-4>
 146. Gordberg E. The oceans as a chemical system. *The sea*. 1963;12:3-25.
 147. Fogg G, Wolfe M. The nitrogen metabolism of the blue-green algae (*Myxophyceae*). *Autotrophic micro organisms*. 1954:99-125.

148. Glass JB, Wolfe-Simon F, Elser JJ, Anbar AD. Molybdenum—nitrogen co limitation in freshwater and coastal heterocystous cyanobacteria. *Limnology and Oceanography*. 2010;55(2):667-76. <https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.2.0667>
149. Hu X, Wei X, Ling J, Chen J. Cobalt: an essential micronutrient for plant growth? *Frontiers in plant science*. 2021;12:768523. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.768523>
150. Susanti D, Ruslan FS, Shukor MI, Nor NM, Aminudin NI, Taher M, et al. Optimisation of Vitamin B12 Extraction from Green Edible Seaweed (*Ulva lactuca*) by Applying the Central Composite Design. *Molecules*. 2022;27(14):4459. <https://doi.org/10.3390/molecules27144459>
151. Khan SN. Effect Of Chromium Uptake and Differential Cr Tolerance In *Spirulina* Strains To Combat Abiotic Stress And Its Potential As A Fertilizer. 2023.
152. Yanshin N, Kushnareva A, Lemesheva V, Birkemeyer C, Tarakhovskaya E. Chemical composition and potential practical application of 15 red algal species from the White Sea Coast (the Arctic Ocean). *Molecules*. 2021;26(9):2489. <https://doi.org/10.3390/molecules26092489>
153. Kohli SK, Kaur H, Khanna K, Handa N, Bhardwaj R, Rinklebe J, et al. Boron in plants: Uptake, deficiency and biological potential. *Plant Growth Regulation*. 2023;100(2):267-82. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00844-7>
154. Aasim M, Akgür Ö, Yıldırım B. An overview on boron and pollen germination, tube growth and development under in vitro and in vivo conditions. *Boron in Plants and Agriculture*. 2022:293-310. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90857-3.00014-X>
155. Day S, Aasim M. Role of boron in growth and development of plant: Deficiency and toxicity perspective. *Plant Micronutrients: Deficiency and Toxicity Management*. 2020:435-53. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49856-6_19
156. Carrano CJ, Schellenberg S, Amin SA, Green DH, Küpper FC. Boron and marine life: a new look at an enigmatic bioelement. *Marine Biotechnology*. 2009;11:431-40. <https://doi.org/10.1007/s10126-009-9191-4>
157. Wright CC, Wootton KM, Twiss KC, Newman ET, Rasbury ET. Boron isotope analysis reveals borate selectivity in seaweeds. *Environmental Science & Technology*. 2021;55(18):12724-30. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c02860>
158. Groisillier A, Shao Z, Michel G, Goulitquer S, Bonin P, Krahulec S, et al. Mannitol metabolism in brown algae involves a new phosphatase family. *Journal of Experimental Botany*. 2014;65(2):559-70. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert405>
159. Mughunth R, Velmurugan S, Mohanalakshmi M, Vanitha K. A review of seaweed extract's potential as a biostimulant to enhance growth and mitigate stress in horticulture crops. *Scientia Horticulturae*. 2024;334:113312. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113312>
160. Punitha P, Priyadharshini P, Nanthini Devi K, Dinesh Kumar S, Roopavathy J, Begum A, et al. Effect of seaweed liquid extract as an organic biostimulant on the growth, fatty acids and high-value pigment production of *Vigna radiata*. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2024;14(6):7345-57. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03048-1>
161. Michalak I, Chojnacka K. Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*. 2015;15(2):160-76. <https://doi.org/10.1002/elsc.201400191>
162. Rao P, Periyasamy C, Kumar KS, Rao AS, Anantharaman P. Seaweeds: distribution, production and uses. *Bioprospecting of algae Society for Plant Research*. 2018:59-78.
163. Madlener JC. The seaweetable book. (No Title). 1977.
164. Nedumaran T, Arulbalachandran D. Seaweeds: A promising source for sustainable development. *Environmental Sustainability: Role of Green Technologies*. 2015:65-88. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2056-5_4
165. El-Beltagi HS, Mohamed HI, Abou El-Enain MM. Role of secondary metabolites from seaweeds in the context of plant development and crop production. *Seaweeds as plant fertilizer, agricultural biostimulants and animal fodder: CRC Press*; 2019. p. 64-79. <https://doi.org/10.1201/9780429487156-4>

166. Booth E. The manurial value of seaweed. 1965. <https://doi.org/10.1515/botm.1965.8.1.138>
167. Kaur I. Seaweeds: Soil health boosters for sustainable agriculture. *Soil Health*. 2020;163-82. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1_10
168. Padmaperuma G, Kapoore RV, Gilmour DJ, Vaidyanathan S. Microbial consortia: a critical look at microalgae co-cultures for enhanced biomanufacturing. *Critical reviews in biotechnology*. 2018;38(5):690-703. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1390728>
169. Dmytryk A, Chojnacka K. Algae as fertilizers, biostimulants, and regulators of plant growth. *Algae biomass: characteristics and applications: towards algae-based products*. 2018:115-22. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74703-3_10
170. Razzaghi S, Islam KR, Ahmed IAM. Deforestation impacts soil organic carbon and nitrogen pools and carbon lability under Mediterranean climates. *Journal of Soils and Sediments*. 2022;22(9):2381-91. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03244-6>
171. Katakula AAN, Gawanab W, Itanna F, Mupambwa HA. The potential fertilizer value of Namibian beach-cast seaweed (*Laminaria pallida* and *Gracilariopsis funicularis*) biochar as a nutrient source in organic agriculture. *Scientific African*. 2020;10:e00592. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00592>
172. Haoyang C, editor *Algae-based carbon sequestration*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2018: IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/120/1/012011>
173. Lian Y, Wang R, Zheng J, Chen W, Chang L, Li C, et al. Carbon sequestration assessment and analysis in the whole life cycle of seaweed. *Environmental Research Letters*. 2023;18(7):074013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acdae9>
174. Baweja P, Kumar S, Kumar G. Organic fertilizer from algae: a novel approach towards sustainable agriculture. *Biofertilizers for sustainable agriculture and environment*. 2019:353-70. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_16
175. Fatima M, Al-Yasari M. Effect of mineral fertilizer combination and foliar application of seaweed extract on the growth and yield traits of maize. *SABRAO J Breed Genet*. 2024;56(3):1251-61. <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.3.32>
176. Nurjannah KAI, Amaliah NA, Junda M, Iriany N, Makkulawu AT, Karim H, et al., editors. The influence of fermented brown algae extract (*Sargassum* sp.) on corn plant growth (*Zea mays* L.). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2021: IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012051>
177. Caronge M, Djawad Y, Bourgougnon N, Makkulawu AT, Jumadi O, editors. Effect of application of algae *sargassum* sp. extract to corn plants (*Zea mays* L.) and microbial response. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2020: IOP Publishing.
178. Baroud S, Tahrouch S, Hatimi A. Effect of brown algae as biofertilizer materials on pepper (*Capsicum annuum*) growth, yield, and fruit quality. *Asian Journal of Agriculture*. 2024;8(1).
179. Jayasinghe P, Pahalawattaarachchi V, Ranaweera K. Effect of seaweed liquid fertilizer on plant growth of *Capsicum annuum*. 2016.
180. Fatimah S, Daud N. The effect of seaweed extract (*Sargassum* Sp) used as fertilizer on plant growth of *capsicum annuum* (Chilli) and *Lycopersicon Esculentum* (Tomato). *Indonesian Journal of Science and Technology*. 2018;3(2):115-23. <https://doi.org/10.17509/ijost.v3i2.12755>
181. Mohammed GH, Saeid AJI. Response of Vegetative Growth and Yield of Two Hybrids of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to Liquid Organic Fertilizer and Hefe Algae. *Diyala Agricultural Sciences Journal*. 2024;16(1):76-87. <https://doi.org/10.52951/dasj.24160107>
182. Yogendra N, Prakhyath K, Padalia R, Ghosh A. Application of seaweed liquid extract improves the growth, yield, and chemical constituents of lemongrass. *Journal of Plant Nutrition*. 2024;1-14. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2380777>
183. Shukla PS, Nivetha N, Nori SS, Kumar S, Critchley AT, Suryanarayan S. A biostimulant prepared from red seaweed *Kappaphycus alvarezii* induces flowering and improves the growth of *Pisum sativum* grown under optimum and nitrogen-limited conditions. *Frontiers in Plant*

- Science. 2024;14:1265432. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1265432>
184. Sivakumar A, Ahmed M, Salah MM, Abdi MH, Kahie MA. The Usage of Marine Plant-Based Bio-Fertilizer for Tomato Growing in Mogadishu, Somalia. *Black Sea Journal of Agriculture*. 2024;7(3):197-202. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1356085>
 185. Hussain HI, Kasinadhuni N, Arioli T. The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. *Journal of Applied Phycology*. 2021;33(2):1305-14. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02387-2>
 186. Mahdi BH, Romi AKH, editors. Effect of spraying seaweed extract and nano-organic fertilizer on the growth and yield of sepaled leaves of roselle plant. *AIP Conference Proceedings*; 2024: AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0201706>
 187. Sunarpi H, Nikmatullah A, Sunarwidhi A, Sapitri I, Ilhami B, Widyastuti S, et al., editors. Growth and yield of rice plants (*Oryza sativa*) grown in soil media containing several doses of inorganic fertilizers and sprayed with lombok brown algae extracts. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2020: IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/594/1/012032>
 188. Mohammed AA, Söylemez S, Sarhan TZ. Effect of biofertilizers, seaweed extract and inorganic fertilizer on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia* L.). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 2022;26(1):60-71. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1016268>
 189. Al-Shatri A, Pakyürek M, Yavic A. Effect of seaweed application on the vegetative growth of strawberry cv. Albion grown under Iraq ecological conditions. *Applied Ecology & Environmental Research*. 2020;18(1). https://doi.org/10.15666/aeer/1801_12111225
 190. Bakhoun GS, Tawfik M, Kabesh M, Sadak MS. Potential role of algae extract as a natural stimulating for wheat production under reduced nitrogen fertilizer rates and water deficit. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2023;51:102794. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102794>
 191. Shah MT, Zodape ST, Chaudhary DR, Eswaran K, Chikara J. Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal of plant Nutrition*. 2013;36(2):192-200. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.737886>
 192. Yusuf R, Syakur A, Kalaba Y, Fatmawati F. Application of some types of local seaweed extract for the growth and yield of shallot (*Allium wakegi*). *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 2020;13(4):2203-10.
 193. Hassan SM, Ashour M, Sakai N, Zhang L, Hassani HA, Gaber A, et al. Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). *Agriculture*. 2021;11(4):320. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040320>
 194. Thirumaran G, Arumugam M, Arumugam R, Anantharaman P. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taub. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. 2009;2(2):50-6.
 195. Ismail A, Fayed A. Effect of phosphorus fertilization, foliar application with seaweed extracts and micronutrients on vegetative growth and dry seed yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Menoufia Journal of Plant Production*. 2021;6(8):405-21. <https://doi.org/10.21608/mjppf.2021.193751>
 196. Biswajit Pramanick BP, Koushik Brahmachari KB, Mahapatra B, Arup Ghosh AG, Dibakar Ghosh DG, Sudeshna Kar SK. Growth, yield and quality improvement of potato tubers through the application of seaweed sap derived from the marine alga *Kappaphycus alvarezii*. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1189-0>
 197. Uthirapandi V, Suriya S, Boomibalagan P, Eswaran S, Ramya SS, Vijayanand N, et al. Biofertilizing potential of seaweed liquid extracts of marine macro algae on growth and biochemical parameters of *Ocimum sanctum*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018;7(3):3528-32. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.312>
 198. Hashem H, Mansour H, El-Khawas S, Hassanein R. The potentiality of marine macro-algae as

- bio-fertilizers to improve the productivity and salt stress tolerance of canola (*Brassica napus* L.) plants. *Agronomy*. 2019;9(3):146. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030146>
199. El-Sayed S. Effect of potassium fertilization levels and algae extract on growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.). *Middle East J*. 2018;7(2):625-38.
 200. Ramya SS, Vijayanand N, Rathinavel S. Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatum* on growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2015;4:167-73. <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0096-0>
 201. Salah El Din RA, Elbakry AA, Ghazi SM, Abdel Hamid OM. Effect of seaweed extract on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* l.). *Egyptian Journal of Phycology*. 2008;9(1):25-38. <https://doi.org/10.21608/egyjs.2008.114808>
 202. Mousavi SM, Jafari A, Shirmardi M. The effect of seaweed foliar application on yield and quality of apple cv. 'Golden Delicious'. *Scientia Horticulturae*. 2024;323:112529. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112529>
 203. Eroğul D, Karabiyik H, Çantal D. Effect of foliar treatments of seaweed on fruit quality and yield in almond cultivation. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2022;59(4):591-600. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1140350>
 204. Rana VS, Sharma V, Sharma S, Rana N, Kumar V, Sharma U, et al. Seaweed extract as a biostimulant agent to enhance the fruit growth, yield, and quality of kiwifruit. *Horticulturae*. 2023;9(4):432. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040432>
 205. Giri B, Prasad R, Wu Q-S, Varma A. Biofertilizers for sustainable agriculture and environment. 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4>
 206. Ali O, Ramsabhag A, Jayaraman J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*. 2021;10(3):531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
 207. Espinosa-Antón AA, Zamora-Natera JF, Zarazúa-Villaseñor P, Santacruz-Ruvalcaba F, Sánchez-Hernández CV, Águila Alcántara E, et al. Application of seaweed generates changes in the substrate and stimulates the growth of tomato plants. *Plants*. 2023;12(7):1520. <https://doi.org/10.3390/plants12071520>
 208. Kumari R, Kaur I, Bhatnagar A. Enhancing soil health and productivity of *Lycopersicon esculentum* Mill. using *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner as a soil conditioner and fertilizer. *Journal of applied phycology*. 2013;25:1225-35. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9933-y>
 209. Kaur R, Goyal D. Heavy metal accumulation from coal fly ash by cyanobacterial biofertilizers. *Particulate Science and Technology*. 2018;36(4):513-6. <https://doi.org/10.1080/02726351.2017.1398794>
 210. Pan M, Chu L. Transfer of antibiotics from wastewater or animal manure to soil and edible crops. *Environmental Pollution*. 2017;231:829-36. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.051>
 211. Şen O. Aşılı ve aşısız domates çeşitlerinin bitki gelişimi ve bazı kalite özellikleri üzerine deniz yosunu gübresi uygulamalarının etkisi: Fen Bilimleri Enstitüsü; 2015.
 212. Crouch I, Van Staden J. Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology*. 1992;4:291-6. <https://doi.org/10.1007/BF02185785>
 213. Elansary HO, Skalicka-Woźniak K, King IW. Enhancing stress growth traits as well as phytochemical and antioxidant contents of *Spiraea* and *Pittosporum* under seaweed extract treatments. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2016;105:310-20. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.024>
 214. Fernández V, Brown PH. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in plant science*. 2013;4:289. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00289>
 215. Abo-Zaid FS, Zagzog OA, El-Nagar NI, Qaoud E-S. Effect Of Sea Weed And Amino Acid

- On Fruiting Of Some Grapevine Cultivars. *Journal of Productivity and Development*. 2019;24(3):677-703. <https://doi.org/10.21608/jpd.2019.48176>
216. Ghafouri M, Razavi F, Arghavani M, Abedi Gheshlaghi E. Enhancing mineral uptake and anti-oxidant enzymes activity of kiwifruit via foliar application of brown macroalga extract. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*. 2024;7(1):15-30.
 217. El-Sharony T, El-Gioushy S, Amin O. Effect of foliar application with algae and plant extracts on growth, yield and fruit quality of fruitful mango trees cv. Fagri Kalan *J Hortic*. 2015;2(4):1-6.
 218. Ravi I, Kamaraju K, Kumar S, Nori SS. Foliar application of seaweed bio formulation enhances growth and yield of banana cv. Grand Naine (AAA). *Indian J Nat Sci*. 2018;8:13482-8.
 219. Michalak I, Chojnacka K. Algal compost-toward sustainable fertilization. *Reviews in Inorganic Chemistry*. 2013;33(4):161-72. <https://doi.org/10.1515/revic-2013-0006>
 220. Ahmed Y, Shalaby E. Effect of different seaweed extracts and compost on vegetative growth, yield and fruit quality of cucumber. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 2012;4(3):235-40.
 221. Kumbar SG, Dave AM, Aminabhavi TM. Release kinetics and diffusion coefficients of solid and liquid pesticides through interpenetrating polymer network beads of polyacrylamide g guar gum with sodium alginate. *Journal of applied polymer science*. 2003;90(2):451-7. <https://doi.org/10.1002/app.12675>
 222. Eyraş MC, Rostagno CM, Defossé GE. Biological evaluation of seaweed composting. *Compost Science & Utilization*. 1998;6(4):74-81. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1998.10701943>
 223. Haslam S, Hopkins D. Physical and biological effects of kelp (seaweed) added to soil. *Applied Soil Ecology*. 1996;3(3):257-61. [https://doi.org/10.1016/0929-1393\(95\)00080-1](https://doi.org/10.1016/0929-1393(95)00080-1)
 224. Steveni C, Norrington-Davies J, Hankins S. Effect of seaweed concentrate on hydroponically grown spring barley. *Journal of applied phycology*. 1992;4:173-80. <https://doi.org/10.1007/BF02442466>
 225. Latique S, Chernane H, Mansori M, El Kaoua M. Seaweed liquid fertilizer effect on physiological and biochemical parameters of bean plant (*Phaesus vulgaris* variety Paulista) under hydroponic system. *European Scientific Journal*. 2013;9(30).
 226. Supraja KV, Behera B, Balasubramanian P. Performance evaluation of hydroponic system for co-cultivation of microalgae and tomato plant. *Journal of Cleaner Production*. 2020;272:122823. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122823>
 227. Heydecker W, Gibbins BM, editors. The priming of seeds. *Symposium on Seed Problems in Horticulture* 83; 1977. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1978.83.29>
 228. Demir I, Ellialtıođlu S, Tipirdamaz R, editors. The effect of different priming treatments on reparability of aged eggplant seeds. *International Symposium on Agrotechnics and Storage of Vegetable and Ornamental Seeds* 362; 1994. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.362.25>
 229. begüm Kenanođlu B. Tohumların çimlendirilmesinde farklı organik ön çimlendirme (Ozmotik Koşullandırma) uygulamalarının kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2016;21(2):124-34.
 230. Blunden G. *Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts*. 1991.
 231. Senn TL. *Seaweed and plant growth*: TL Senn; 1987.
 232. Tarakhovskaya E, Maslov YI, Shishova M. Phytohormones in algae. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2007;54:163-70. <https://doi.org/10.1134/S1021443707020021>
 233. Craigie JS. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied phycology*. 2011;23:371-93. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
 234. Michalak I, Chojnacka K, Dmytryk A, Wilk R, Gramza M, Rój E. Evaluation of supercritical extracts of algae as biostimulants of plant growth in field trials. *Frontiers in plant science*. 2016;7:1591. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01591>
 235. Sivritepe N. Organic priming with seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) affects viability of pepper seeds. *Asian Journal of Chemistry*. 2008;20(7):5689.

236. Matysiak K, Kaczmarek S, Krawczyk R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fluvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*. 2011;10(1).
237. Yıldırım E, Güvenç İ. Deniz Yosunu Özü Uygulamalarının Tuzlu Koşullarda Pırasada Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkisi. *Bahçe*. 2005;34(1):83-90.
238. Demirkaya M. Deniz Yosunu (*Ascophyllum nodosum*) Ekstraktı Uygulamalarının Domates Tohumlarının Canlılığı ve Gücüne Etkileri. *Alatırım*. 2012;11(1):13-8.
239. Koçak FÖ, Sevim G, Çiğdem U, Ünal D. Determination of the Effects of Combined use of *Paenibacillus* sp. S1S22 Strain and *Ulva lactuca* Extract on Seed Germination and Growth of Tomato Plant. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*. 2023;26(3):511-9. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1096451>

BÖLÜM 8

BİYOKÖMÜR

Mahmut TEPECİK¹

GİRİŞ

Biyokömür, biyokütlenin kısmi veya oksijen sınırlaması altında 300-1000°C arasında değişen sıcaklıklarda pirolizinden elde edilen C bazlı malzeme olarak (1), veya, biyokütlenin yavaş pirolizi ile üretilen yüksek karbonlu malzemeleri ifade eder (2). Biyokömür yüksek organik karbon içerikli, çok uzun sürede çözünen, çok ince yapılı, organik kaynaklı kömür olarak tarif edilmektedir. Biyokömür oksijensiz yakma yöntemi (pyrolyze) ile organik karbonun inorganik karbona dönüştürmesi işlemidir. Ancak yüksek karbon içeriği, düşük kül ve optimum pH içeriği için belirli bir sıcaklıkta standart olarak üretilmiş biyokömür bilimsel olarak önem taşıdığı belirtilmektedir (3). Her türlü biyokütle pirolize tabi tutulabilir ve sonuçta ortaya çıkan malzemelerdeki C'un aromatik doğası nedeniyle topraklarda oldukça dirençli olan yüzey alanı büyük ve gözenekli olan malzeme üretilebileceği belirtilmektedir (4). Biyokömür, organik ve endüstriyel atıklar (örneğin çamurlar, gübre), bitki bazlı malzemeler (örneğin yapraklar, kabuklar, tohumlar, koçanlar) ve ağaç bazlı ürünler (örneğin talaş, odun peletleri, ağaç kabuğu) (Resim 1). Biyokömür ayrıca farklı pirolitik sıcaklık ve piroliz sürelerinde üretilebilir (Resim 2) (5). Aynı zamanda biyokömür üretimi elde etmek için, çoğunlukla tarımsal biyokütle ve katı atıklardan elde edilen bol ve düşük maliyetlidir (6). Ayrıca, biyokömür kullanılarak atık yönetimi, karbon tutma, sera gazı emisyonlarının ve iklim değişikliğinin azaltılması gibi çok sayıda avantaj sağladığı belirtilmektedir (7,8).

¹ Prof.Dr., Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, mahmut.tepecik@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-6609-4538

Biyokömür elde edilmesinde kullanılan materyallere ve piroliz sıcaklığına göre, biyokömürün özellikleri farklılıklar göstermektedir. Tablo 5’de elde edilen biyokömür domates bitkisinin hasat sonrasında kalan bitki materyallerinden 500°C’lik sıcaklıkta piroliz edilerek biyokömür elde edilmiştir.

SONUÇ

Son yıllarda tarımsal uygulamalar içerisinde yer alan, tarımsal kullanımı artış gösteren ve stabil bir özelliğe sahip olan biyokömürün topraklara uygulanmasıyla, bitkilerde verim artışı sağlandığı yapılan çalışmalar sonucunda belirtilmiştir. Tarımsal atıkların tekrar, tarımsal üretimde kullanılması çevre kirliliğinin önlenmesi, toprakların organik madde miktarını arttırmak gibi birçok yönden olumlu etkiler sağlayabileceği gibi tarımsal ve diğer atıkların çevre üzerine olan olumsuz etkisini de azaltılmış olacaktır. Yapılmış olan birçok bilimsel araştırma sonuçlarına göre biyokömür uygulamalarının toprak verimliliği ve ürün verimi üzerine olumlu ya da olumsuz etkileri olduğu, özellikle alkali karakterli topraklarda, yüksek pH’ya sahip biyokömürlerin uygulaması ile mikro bitki besin elementi yarıyışlılığı açısından tarımsal kullanım etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Yapılan çalışmaların birçoğu sera denemesi olup, uzun dönemde biyokömür uygulamalarının toprakta ne gibi bir etki yaratacağına yönelik çalışmaların yapılması biyokömür uygulamaları konusunda katkılar sağlayacaktır. Yapılan çalışmalarda, 5-50 ton/ha arasındaki uygulamaların verim üzerinde etkili olduğu önerilmektedir. Biyokömürün yüksek C içeriğine sahip olması, dolayısıyla da C/N oranının yüksek olması nedeniyle topraktaki ayrışma hızı yavaştır ve etkisini uzun sürede gösterebilmektedir. Özellikle tarla koşullarında yapılacak uygulamaların toprak, bitki özelliklerine göre yapılması daha etkin olabilir.

KAYNAKLAR

1. Kavitha B, Reddy P.V.L, Kim B, Lee SS, Pandey SK, Kim, K.H. Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review. *Journal of Environmental Management*. 2018; 227:146-154.
2. Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*. 2007; 45(8): 629-634.
3. Ortaş İ. Biyokömür’ün toprak kalitesi ve bitki gelişimi üzerine etkileri. *Organomineral Gübre Çalıştayı*. 2018; 12-16 Mayıs, İstanbul, 53-68.
4. Bian R, Joseph S, Shi W, Li L, Taherymoosavi S, Pan G. Biochar DOM for plant promotion but not residual biochar for metal immobilization depended on pyrolysis temperature. *Science of The Total Environment*. 2019; 662:571-580.
5. Mukherjee A, Zimmerman AR.. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. *Geoderma*. 2013; 193:122-130.
6. Qian L, Chen B. Dual role of biochars as adsorbents for aluminum: the effects of oxygen-containing organic components and the scattering of silicate particles, *Environmental Science & Technology*. 2013; 47: 8759–8768.
7. Lehmann J, Silva JP, Steiner C. Nehls T, Zech W, Glaser, B. Nutrient availability and leaching in

- an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*. 2003; 249: 343–357.
8. Van Zwieten L, Singh BP, Kimber SWL, Murphy DV, Macdonald LM, Rust J, Morris S. An incubation study investigating the mechanisms that impact N_2O flux from soil following biochar application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014; 191: 53–62.
 9. Tepecik, M. Kişisel resim arşivi. 2022.
 10. Lehmann J, Gaunt J, Rondon M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems-a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2006; 11(2):403–427.
 11. Lorenz K, Lal R. Biochar application to soil for climate change mitigation by soil organic carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2014; 177: 651–670.
 12. Zhao Y, Li X, Li Y, Bao H, Xing J, Zhu Y, Nan J, Xu G. Biochar acts as an emerging soil amendment and its potential ecological risks: a review. *Energies*. 2023; 16(1): 410. doi:10.3390/en16010410
 13. Naveed, M., Tanvir, B., Xiukang, W., Brtnicky, M., Ditta, A., Kucerik, J., et al. 2021. Co-Composted biochar enhances growth, physiological, and phytostabilization efficiency of brassica napus and reduces associated health risks under chromium stress. *Front. Plant Sci*. 2021; 12. doi: 10.3389/fpls.2021.775785
 14. Urra J, Alkorta I, Garbisu C. Urra potential benefits and risks for soil health derived from the use of organic amendments in agriculture. *Agronomy*. 2019; 9: 542. doi: 10.3390/agronomy9090542
 15. Brtnicky M, Kintl A, Holatko J, Hammerschmiedt T, Mustafa A, Kucerik J, et al. Effect of digestates derived from the fermentation of maize-legume intercropped culture and maize monoculture application on soil properties and plant biomass production. *Chem. Biol. Technol. Agric*. 2022; 9 (1): 1–24. doi: 10.1186/s40538-022-00310-6
 16. Rasool B, Mahmood-ur-Rahman, Zubair M. Synergetic efficacy of amending Pb-polluted soil with p-loaded jujube (*Ziziphus mauritiana*) twigs biochar and foliar chitosan application for reducing Pb distribution in moringa leaf extract and improving its anti-cancer potential. *Water Air Soil Pollut*. 2022; 233, 344. doi: 10.1007/s11270-022-05807-2
 17. Shen YS, Wang SL, Tzou YM, Yan YY, Kuan WH. Removal of hexavalent Cr by coconut coir and derived chars-the effect of surface functionality, *Bioresource Technology*. 2012; 104: 165–172.
 18. Akgül, G. 2017. Biyokömür; üretimi ve kullanım alanları. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2017; 5 (4): 485–499.
 19. Matteson GC, Jenkins, B.M. Food and processing residues in California: resource assessment and potential for power generation, *Bioresource Technology*. 2007; 98 (16): 3098–3105.
 20. Bridgwater, AV. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass, *Chemical Engineering Journal*. 2003; 91(2): 87–102.
 21. Cantrell K, Ro K, Mahajan D, Anjom M, Hunt PG. Role of thermochemical conversion in livestock waste-to-energy treatments: obstacles and opportunities, *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2007; 46(26): 8918–8927.
 22. Kimetu JM, Lehmann J, Ngoze SO, Mugendi DN, Kinyangi JM, Riha S, Verchot L, Recha JW, Pell AN. Reversibility of soil productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. *Ecosystems*. 2008; 11(5): 726–739.
 23. Chan KY, Zwieten LV, Meszaros I, Downie A, Joseph S. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*. 2008; 46 (5): 437–444.
 24. Dias BO, Silva CA, Higashikawa FS, Roig A, Sanchez-Monedero MA. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure; effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource Technology*. 2010; 101:1239–1246.
 25. Haider G, Joseph S, Steffens D, Muller C, Taherymoosavi S, Mitchell D, Kammann C. Mineral nitrogen captured in field aged biochar is plant available. *Scientific Reports*. 2020; 10:13816. doi:10.1038/s41598-020-70586-x

26. Rehman HA, and Razzaq R. Benefits of biochar on the agriculture and environment-a review. *Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2017; 4 (3): 207.
27. Sokchea H, Borin K, Preston TR. Effect of biochar from rice husks (Combusted in A downdraft gasifier or a paddy rice dryer) on production of rice fertilized with biodigester effluent or urea. *Livestock Research for Rural Development*. 2013; 25(1): 1-4.
28. Glaser B, Wiedner K, Seelig S. Biochar organic fertilizers from natural resources as substitute for mineral fertilizers. *Agronomy for Sustainable Development*. 2014; 35: 667–678.
29. Vaccari FP, Baronti S, Lugato E, Genesio L, Castaldi S, Fornasier F, Miglietta F. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. *European Journal of Agronomy*. 2011; 34: 231-238.
30. Lehmann J, Joseph, S. *Biochar for environmental management: Science, Technology and Implementation*. Second Ed. Routledge. 2015; London 976 p.
31. Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley, D. Biochar effects on soil biota—a review. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011; 43(9): 1812-1836.
32. Zhang AF, Pang X, Li, LQ. Biochar and the effect on c stock enhancement, emission reduction of greenhouse gases and soil reclamation, *Journal of Agro-Environment Science*. 2009; 28: 2459-2463.
33. Washington JB, Joseph J.P. Sorption hysteresis of ben-zene in charcoal particles, *Environmental Science ve Technology*. 2003; 37: 409-417.
34. Jeffery S, Verheijen FGA, van der Velde M, Bastos AC. A Quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *agriculture. Ecosystems and Environment*. 2011; 144: 175–187.
35. Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macedo JLV, Blum WE, Zech W. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*. 2007; 291 (1-2): 275-290.
36. Lehmann J. 2007, A handful of carbon. *Nature*. 2007; 447: 143–144.
37. Hua L, Wu W, Liu Y, McBride MB, Chen Y. Reduction of nitrogen loss and Cu and Zn mobility during sludge composting with bamboo charcoal amendment. *Environmental Science and Pollution Research*. 2009;16 (1): 1–9.
38. Sohi SP, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R. A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*. 2010; 105:47-82.
39. Arif M, Ilyas M, Riaz M, Ali K, Shah K, Haq IU, Fahad S. Biochar improves phosphorus use efficiency of organic-inorganic fertilizers, maize-wheat productivity and soil quality in a low fertility alkaline soil. *Field Crop Research*. 2017; 214:25-37.
40. Gul S, Whalen JK, Thomas BW, Sachdeva V, Deng H. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015; 206: 46-59.
41. Jin Z, Chen C, Chen X, Jiang F, Hopkins I, Zhang X, Han X, Billy G, Benavides J. Soil acidity, available phosphorus content, and optimal biochar and nitrogen fertilizer application rates: A five-year field trial in upland red soil, China. *Field Crop Research*, 2019; 232:77-87.
42. Gao S, DeLuca TH, Cleveland CC. Biochar additions alter phosphorus and nitrogen availability in agricultural ecosystems: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*. 2019; 654: 463-472.
43. Esfandbod M, Phillips IR, Miller B, Rashti MR, Lan ZM, Srivastava P, Sing B, Chen C.R. Aged acidic biochar increases nitrogen retention and decreases ammonia volatilization in alkaline bauxite residue sand. *Ecological Engineering*. 2017; 98:157-165.
44. Palansooriya KN, Ok YS, Awad YM, Lee SS, Sung JK, Koutsospyros A, Moon DH. Impacts of biochar application on upland agriculture: a review. *Journal of Environmental Management*. 2019; 234: 52-56.
45. Edward, Y., Gideon, A., Boafo, K. and Akwasi, A.A., 2016, Effect of biochar type and rate of

- application on maize yield indices and water use efficiency on an ultisol in Ghana, *Energy Procedia*, 93:14–18 pp.
46. Kara, R.S. Farklı organik materyallerden elde edilen biyokömürün fiziksel ve kimyasal özellikleri ile biyokömür ve biyokömür ile birlikte artırılmış karasu uygulamasının bitkisel üretimde kullanım olanakları. 2016; Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İzmir 66 s.
 47. Tian X, Li C, Zhang M, Wan Y, Xie Z, Chen B, Li W. Biochar derived from corn straw affected availability and distribution of soil nutrients and cotton yield. *PloS One*. 2018; 13 (1): e0189924, 1-19.
 48. Chaudhary S, Dheri GS, Brar BS. Long-term effects of NPK fertilizers and organic manures on carbon stabilization and management index under ricewheat cropping system. *Soil Tillage & Research*. 20017;166: 59-66 pp.
 49. Rodriguez L, Salazar P, Preston T.R. Effect of biochar and biodigester effluent on growth of maize in acid soils. *Livestock Research for Rural Development*. 2009; 21(7): 110.
 50. Namlı A, Akça MO, Akça H. Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 2017; 5(1): 39-47.
 51. Kraska P, Oleszczuk P, Andruszczak S, Kwiecinska-Poppe E, Rozylo K, Palys E, Gierasimiuk P, Michalajc Z. Effect of various biochar rates on winter rye yield and the concentration of available nutrients in the soil. *Plant, Soil and Environment*. 2016; 62 (11): 483-489.
 52. Sun J, He F, Pan Y, Zhang Z. Effects of pyrolysis temperature and residence time on physicochemical properties of different biochar types. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*. 2017; 67: 12–22.
 53. Yao Y, Gao B, Zhang M, Inyang M, Zimmerman AR. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere*. 2012; 89:1467–1471.
 54. Ippolito JA, Ducey TF, Cantrell KB, Novak JM, Lentz RD. Designer, acidic biochar influences calcareous soil characteristics. *Chemosphere*. 2016a; 142; 184–191.
 55. Ahmed MB, Zhou JL, Ngo HH, Guo W. Insight into biochar properties and its cost analysis. *Biomass and Bioenergy*. 2016; 84: 76-86.
 56. Bridgwater AV. Biomass for energy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006; 86: 1755-1768.
 57. Ronsse F, Dickinson D, Nachenius R, Prins W. Biomass pyrolysis and biochar characterization. 1st FOREBIOM Workshop, 2013; Vienna.
 58. Kumar S, Loganathan VA, Gupta RB, Barnett MO. An assessment of U (VI) removal from groundwater using biochar produced from hydrothermal carbonization. *Journal of Environmental Management*. 2011; 92(10): 2504-2512.
 59. Malghani S, Gleixner G, Trumbore SE. Chars produced by slow pyrolysis and hydrothermal carbonization vary in carbon sequestration potential and greenhouse gases emissions. *Soil Biology and Biochemistry*. 2013; 62: 137-146.
 60. Hoekman SK, Broch A, Robbins C, Zielinska B, Felix L. Hydrothermal carbonization (HTC) of selected woody and herbaceous biomass feedstocks. *Biomass Convers Biorefinery*. 2013; 3: 113-126.
 61. Huff MD, Kumar S, Lee JW. Comparative analysis of pinewood, peanut shell, and bamboo biomass derived biochars produced via hydrothermal conversion and pyrolysis. *Journal of Environmental Management*. 2014; 146: 303-308.
 62. Yoder J, Galinato S, Granatstein D, Garcia-Perez M. Economic tradeoff between biochar and bio-oil production via pyrolysis. *Biomass & Bioenergy*. 2011; 35(5): 1851-1862.
 63. Downie A, Crosky A, Munroe P. Physical properties of biochar. In: *Biochar for environmental management science and technology*. Lehmann, J., Joseph, S. (eds), Earthscan, 2009; 13-32 London.

64. Bagreev A, Bandosz TJ, Locke DC. Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage sludge-derived fertilizer. *Carbon*. 2001; 39: 1971-1979.
65. Angin D. Effect of pyrolysis temperature and heating rate on biochar obtained from pyrolysis of safflower seed press cake. *Bioresource Technology*, 2013; 128: 593-597.
66. Masek O, Brownsort P, Cross A, Sohi S. Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar. *Fuel*. 2013; 103: 151-155.
67. Trompowsky PM, Benites VM, Madari BE, Pimenta AS, Hockaday WC, Hatcher PG. Characterisation of humic like substances obtained by chemical oxidation of eucalyptus charcoal. *Organic Geochemistry*. 2005; 36: 1480-1489.
68. Chun Y, Sheng G, Chiou CT, Xing B. Compositions and sorptive properties of crop residue-derived chars. *Environmental Science & Technology*. 2004; 38: 4649-4655.
69. Azuara M, Bagerb B, Villacampaa JI, Hedinc N, Manya JJ. Influence of pressure and temperature on key physicochemical properties of corn stover-derived biochar. *Fuel*. 2016; 186: 525-533
70. Sun Y, Gao B, Yao Y, Fang J, Zhang M, Zhou Y, Chen H, Yan L. Effects of feedstock type, production method, and pyrolysis temperature on biochar and hydrochar properties. *Chemical Engineering Journal*. 2014; 240: 574-578.
71. Bridgwater A, Meier D, Radlein D. An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic Geochemistry*. 1999; 30: 1479-1493.
72. Wang Y, Liu R. Comparison of characteristics of twenty-one types of biochar and their ability to remove multi-heavy metals and methylene blue in solution. *Fuel Processing Technology*. 2017;160: 55-63.
73. Brewer CE, Unger R, Schmidt-Rohr K, Brown RC. Criteria to select biochars for field studies based on biochar chemical properties. *BioEnergy Research*. 2011; 4: 312-323.
74. Fuertes AB, Arbestain MC, Sevilla M, Macia-Agullo JA, Fiol S, Lopez R. et al. Chemical and structural properties of carbonaceous products obtained by pyrolysis and hydrothermal carbonisation of corn stover. *Australian Journal of Soil Research*. 2010; 48: 618-626.
75. Xu G, Lv Y, Sun J, Shao H, Wei L. Recent advances in biochar applications in agricultural soils: benefits and environmental implications. *Clean-Soil, Air, Water*. 2012; 403-1098.
76. Şenay B, Tepecik M. Biyokömür uygulamalarının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile buğdayın (*Triticum aestivum* L.) çimlenme ve biyomas üzerine etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2024; 21(2): 297-308.