

## Pirinadan Elde Edilmiş Kompost ve Vermikompostun Marul Bitkisinin Mineral Beslenmesine ve Gelişimine Etkisi

Muvahhid KILIÇARSLAN<sup>1</sup>  Ali COŞKAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Çünür-İSPARTA-TÜRKİYE

### Öz

İçerdiği fenolik bileşikler ve alıcı ortamlarda oluşturduğu yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı nedeniyle çevreye olumsuz etkileri olabilecek pirina olarak adlandırılan zeytinyağı üretim atığının tarımsal amaçla kullanımına yönelik bir saksı denemesi yürütülmüştür. Bu amaçla hazırlanan %50 pirina, %45 hayvan gübresi ve %5 dolomit içeren başlangıç karışım ikiye bölünerek yarısı doğal halde bırakılmış (kompost) diğer yarısı ise 150 adet *Eisenia fetida* aşılantısı (vermikompost), ve elde edilen her iki materyal 69 gün süreyle laboratuvar koşullarında inkübe edilmiştir. Elde edilen vermikompost ve kompost, 0, 1000, 2000 ve 4000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında toprağa karıştırılarak saksılara yerleştirilmiş ve üzerinde marul bitkisi yetiştirilmiştir. Deneme sonuçları, karışımdaki fenolik madde miktarının azaltılmasında solucanların daha etkili olduğunu gösterse de bu etkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Ancak, bu substratlardaki fenolik bileşiklerin marul bitkisine geçişi incelendiğinde kompostun %45 daha fazla fenolik madde geçişine neden olduğu, vermikompostun bu geçişi azalttığı belirlenmiştir. Marul verimi yönünden vermikompost ve kompost arasında fark bulunmamıştır ( $p < 0.05$ ). Bitkide fosfor konsantrasyonu kompost uygulamasında daha yüksek bulunurken Zn ve Mn konsantrasyonu vermikompost uygulamasında daha yüksek olmuştur. Hasat sonrasında toprakta kalan besin elementleri, özellikle 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda kontrolden oldukça yüksek düzeylerde besin elementi kaldığı belirlenmiştir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, vermikompostun 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup> dozunun marul yetiştiriciliğinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

### Article Info

Received: 15.05.2024

Accepted: 17.12.2024

### Anahtar Kelimeler

Fenolik madde  
Kompost  
Marul  
Pirina  
Vermikompost

## The Effect of Compost and Vermicompost Obtained from Pomace on the Mineral Nutrition and Development of Lettuce Plant

### Abstract

A pot trial was carried out for the agricultural use of olive oil production waste pomace, which can have negative effects on the environment due to the phenolic compounds it contains and the high chemical oxygen demand it creates in the receiving environment. For this purpose, a mixture containing 50% pomace, 45% animal manure and 5% dolomite was divided into two parts, half of which was left in its natural state (compost) and the other half was inoculated with 150 *Eisenia fetida* (vermicompost), and both materials were incubated under laboratory conditions for 69 days. The vermicompost and compost were mixed with soil at doses of 0, 1000, 2000 and 4000 kg da<sup>-1</sup> and placed in pots and then lettuce plants were grown on them. The results of the experiment showed that earthworms were more effective in reducing the amount of phenolic matter in the mixture, but this effect was not statistically significant. However, the passage of phenolic compounds in the substrate to lettuce plants was 45% higher in compost, while vermicompost reduced this passage. Phosphorus concentration in the plant was higher in the compost treatment, while Zn and Mn concentrations were higher in the vermicompost treatment. When the nutrients remaining in the soil after harvest were analysed, it was determined that the nutrient levels were considerably higher than the control, especially at 4000 kg da<sup>-1</sup> dose. It can be said that 1000 and 2000 kg da<sup>-1</sup> doses of vermicompost can be used in lettuce cultivation.

### Keywords

Compost  
Lettuce  
Olive pomace  
Phenolic substance  
Vermicompost



Corresponding Author  
muvahhidkilarcarlan@isparta.edu.tr

### Giriş

Geçmişten günümüze barışın ve dostluğun simgesi olan zeytin ağacı, dünya üzerinde en eski bitkilerden biri olarak bilinmektedir. Meyveleri yaklaşık M.Ö. 2000-2500 yıllarında sıklıkla zeytinyağına

dönüştürülmüştür (Kapellakis vd., 2008). Dünya nüfusunun artmasıyla evsel, endüstriyel artık ve atıklarda aynı hızda artış meydana gelmektedir. Buna paralel olarak ülkemizde çok fazla yetiştiriciliği yapılan zeytin bitkisinin sıkım prosesi sonucu ortaya çıkan ve zeytin pirinası miktarı da giderek artmaktadır. Bu durum efektif kaynakların kullanımını zorunlu kılmaktadır. TÜİK verilerine göre yıllık yaklaşık 2.976.000 ton zeytin üretimi gerçekleşmekte, üretilen bu zeytinlerin 938.217 tonu sofralık olarak ayrılmakta, geriye kalan 2.037.783 tonu ise yağlık olarak kullanılmaktadır (TÜİK, 2022). Zeytinyağı üretimi sırasında, üç fazlı üretim sisteminde %45-50 ve iki fazlı üretim sisteminde %65-70 pirina oluşmaktadır. Türkiye’de yıllık 533.750-610.000 ton ham pirina elde edildiği öngörülmekte. Dünyada yıllık Pirina üretiminin 2.881.500 ton olduğu tahmin edilmektedir (Nunes vd., 2016). Elde edilen pirina miktarı yıldan yıla değişse de tarımda kullanımı açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Pirina su, yağ, selüloz, lignin, protein, çözülebilir karbonhidratlar ve fenol bileşikleri içermektedir. Bu yapısı uygun şekilde işlenirse, tarımda kullanılmak üzere organik bir gübre ya da çiftlik hayvanları için yem sanayinde destek katkı maddesi olacak şekilde ticari açıdan ekonomik değeri olan ürün olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir (Cayuela vd., 2010). Pirinanın hayvan yemi olarak kullanımı da mümkün olmakla beraber çeşitli nedenlerle kullanımı sınırlıdır (Alcaide vd., 2003; Keser ve Bilal, 2010). Biyokömür hammaddesi olarak kullanımı, üretiminde kullanılan ekipman ve yüksek enerji gereksinimi nedeniyle pek mümkün görülmemektedir (Alexander, 2000).

Zeytin atıklarının kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) evsel atıklardan 400 kat daha fazladır. Pirinanın gelişigüzel depolanmasının çevreye olan olumsuz etkileri bilinmekte (Kostas vd., 2020) olduğundan, çevreye zarar vermeyecek bir yöntemle yararlı hale getirilmesi zorunludur. Zeytin atıkları içerisinde yüksek oranda toplam fenolik madde bulunmakta olup bu maddeler fitotoksiktir. Bu sebeple tarım alanlarında direk kullanımı topraklar üzerinde büyük zararlar oluşturma potansiyelindedir. Zeytin atıklarının toprağa direk uygulanması yer altı su kaynaklarında da fenolik içeriğin artması suretiyle kirliliğe neden olabilmektedir (Hachicha vd., 2006). Yapılan çalışmalar, organik kirliliği bu denli yüksek olan zeytin atıklarının içindeki fitotoksik etkili bileşiklerin giderilmesi için kompostlama prosesinin başarıyla uygulanabileceğini göstermiştir (Ayhan ve Kulaz, 2016). Kompostlama sonrası toprağa karıştırılacak pirinanın bir yandan toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştireceği, diğer yandan çevre ve toprak sağlığına olumlu etkide bulunacağı değerlendirilmektedir.

Vermikompost teknolojisi dünyanın pek çok ülkesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Aslam vd., 2019). Vermikompost başlangıç materyali olarak her türü meyve, sebze, mutfak, sanayi artıkları gibi materyaller kullanılabilir (Yılmaz vd., 2017). Solucan gübresi kullanıldığı topraklarda fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mikrobiyolojik açıdan iyileşmeler meydana getiren güvenilir organik kaynaklı bir gübredir (Bellitürk, 2016). Başlangıç materyali için pirinanın uygun karışım oranları kullanıldığında, vermicompostlama sırasında ortamdaki solucan varlığının arttığı, besin elementi içeriği bakımından elde edilen ürünün başlangıç karışımına göre belirgin biçimde farklı olduğu belirlenmiştir (Göçmez, 2013). Solucanlar ile kompostlanan pirinanın toprağa etkileri, solucanlarla kompostlaştırılmamış pirinaya oranla çok daha yüksek olmaktadır (Hachicha vd., 2006).

Marul üretimi açısından Çin, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya, Meksika ve Türkiye önemli ülkeler arasındadır (Mou, 2008). Organik gübrelerin marul verimine belirgin olumlu etkide bulunduğu (Demir vd., 2001; Demir vd., 2010; Polat vd., 2004), bu gübrelerin güçlü fide gelişimi sağladığı ancak karışımdaki fenolik maddelerin bitkiye geçebildiği (Martins vd., 2023) bildirilmiştir. Adiloğlu vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında kıvrıkcık marulda vermicompostun artan dozlarının bitki boyu, yaş ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak uzunluğu ve genişliğinde artış sağladığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, toprağın organik maddesini arttırmada kullanılmasına yönelik olarak zeytinyağı üretim atığı olan pirina ile hazırlanan bir başlangıç materyalinden aynı zaman aralığında vermicompost ve kompost elde edilmesi planlanmıştır. Aynı başlangıç materyalinden yola çıkılarak elde edilecek vermicompost ve kompost materyalleri arasında, fenolik madde içeriği, bu substratların ilave edildiği topraklarda yetiştirilecek marul bitkisine geçen fenolik madde miktarı, marulun verimi, beslenme durumu ve hasat

sonrası toprakta kalan besin elementi miktarlarında oluşacak farkların belirlenmesi çalışmanın hipotezini oluşturmaktadır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Saksı denemesi olarak yürütülen denemede kullanılan toprak, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ), Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliğinden, üzerinde tarımsal üretim yapılmayan tarladan alınmıştır. Toprağın alındığı bölge Akdeniz iklimi ile karasal iklim geçit bölgesinde yer almaktadır. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Toprak Özelliği	Sonuç	Değerlendirme
%	Kum	29	
	Kil	21	Siltli Tın
	Silt	50	
dS m <sup>-1</sup>	pH (1:2.5)	7.75	Hafif alkali
	EC (1:2.5)	0,253	Hafif tuzlu
	%Kireç (Kalsimetrik)	27.2	Çok fazla kireçli
%	%OM (Walkley Black)	1.66	Az
	%N (Kjeldahl Yöntemiyle)	0.68	Çok az
	P (Olsen- Spektrofotometre)	12.2	Yeterli
mg kg <sup>-1</sup>	K (amonyum asetat yöntemiyle)	935.9	Fazla
	Ca (amonyum asetat yöntemiyle)	18161	Çok fazla
	Mg (amonyum asetat yöntemiyle)	1413	Fazla
	Fe (DTPA yöntemiyle-AAS)	18.4	Fazla
	Zn (DTPA yöntemiyle-AAS)	4.10	Fazla
	Mn (DTPA yöntemiyle-AAS)	45.6	Yeterli
	Cu (DTPA yöntemiyle-AAS)	5.06	Yeterli*

\* tekstür, pH, kireç, om (Ülgen ve Yurtsever, 1974), ec (Richards, 1954) makro ve mikrolar ise (Kacar ve Inal, 2010).

Denemede hem geleneksel yöntemlerle yapılan kompost hem de solucan yardımıyla yapılan vermikompost için aynı başlangıç materyali kullanılmıştır. Bu amaçla hazırlanan başlangıç organik substrat karışımı %50 pirina, %45 hayvan gübresi ve %5 dolomitten oluşturulmuştur. Pirina bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Pirina Antalya’da 2 fazlı üretim yapan zeytinyağı üretim tesisinden, hayvan gübresi ISUBÜ Ziraat Fakültesine bağlı çiftlikten, dolomit ise Afyon/Dinar’da bulunan dolomit madeninden temin edilmiştir. Yürütülen çalışmada, Maipira (şakira) marul çeşidi kullanılmıştır. Marul fideleri üst ve alt noktadaki çapları 19.5 ve 13 cm, derinliği 13.5 cm olan 4 litrelik saksılara dikilmiştir.

Denemede solucan gübresi (vermikompost) üretiminde, halk arasında kırmızı kaliforniya solucanı olarak bilinen *Eisenia fetida* solucan türü kullanılmıştır.

### Metot

Deneme, kompost ve vermikompost olmak üzere 2 farklı substratın 0 (kontrol), 1000, 2000, 4000 kg da<sup>-1</sup>’a karşılık gelen dozlarının uygulanmasıyla 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme planı Tablo 3’te verilmiştir.

Deneme kurulmadan önce saksılara 4’er kg toprak yerleştirilmiş, 150 mg kg<sup>-1</sup> 20.20.0 taban gübresi ve 200 mg kg<sup>-1</sup> azot, amonyum sülfat gübresi ile üst gübre olarak uygulanmıştır. Kompost ve vermikompost hazırlanan aynı başlangıç karışımının ikiye bölünmesinden sonra, kompost karışımının yarısının laboratuvar ortamında doğal haliyle vermikompost ise karışımın diğer yarısının içerisine 150 adet solucan karıştırıldıktan sonra inkübe edilmesi ile elde edilmiştir. Laboratuvar koşullarında solucan karıştırılmadan yapılan kompostlamada, karışımın miktar olarak az olması nedeniyle termofilik faz gözlenmemiş, tüm süreç mezofilik olarak devam etmiştir. Kompostlama süreci solucanlar ile yapılan kompostlama izlenerek sonuçlandırılmıştır.

**Tablo 2.** Zeytin pirinasının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz Edilen Parametreler	Değer
Organik Madde (%)	96.67
pH (1/5 pirina-su)	5.58
EC (1/5 pirina-su) (dS m <sup>-1</sup> )	1.52
Nem (%)	9.05
Toplam N (%)	1.114
P (mg kg <sup>-1</sup> )	436.1
K (%)	0.36
Na (%)	0.003
Ca (%)	0.2
Mg (%)	0.035
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	116.2
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	3.124
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	04.21
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	11.05*

\*pH, ec Anonymous (1978),Organik madde (Kacar 1995),makro ve mikrolar ise (Kacar ve İnal, 2010).

**Tablo 3.** Deneme planı

Uygulama	Doz (kg da <sup>-1</sup> )	Uygulama	Doz (kg da <sup>-1</sup> )
Kompost	0 (kontrol)	Vermikompost	0 (kontrol)
Kompost	1000	Vermikompost	1000
Kompost	2000	Vermikompost	2000
Kompost	4000	Vermikompost	4000

Böylece solucan kullanılarak ve kullanılmadan yapılan kompostlama işleminde eşit zaman aralığında, pirinadan kaynaklanan fenol içeriğinde meydana gelen azalmanın belirlenmesi mümkün olmuştur. Solucanlar çeşitli organik bileşikler ile bazı metallerin yoğun olduğu ortamlardan kaçma eğilimindedirler. Bu nedenle, bu karışım elde edilmeden önce, solucanların fenol bileşiklerinden kaçınacağı öngörüsünden hareketle, solucanlara uygun karışım oranlarını belirlemek üzere bir dizi ön deneme yürütülmüştür. Solucanlar için uygun karışım oranlarının belirlenmesinde, solucan kaçınma testi (ISO, 2008) kullanılmıştır. Yapılan bir dizi test sonucunda solucanların %50 pirina + %45 hayvan gübresi + %5 dolomit karışımından kaçınmadıkları görülmüş ve başlangıç materyalinin oluşturulmasında bu oranlar kullanılmıştır.

Karışım hazırlandıktan sonra doygunluğun %50'sine getirilecek kadar çeşme suyu uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra, solucanların derileri ile solunum yapması ve dolomit uygulamasının ortamdaki asit ile etkileşerek CO<sub>2</sub> çıkaracağı bilgileri doğrultusunda, oluşan hızlı CO<sub>2</sub> çıkışının tamamlanması için karışım 3 gün boyunca laboratuvarında bekletilmiştir. Bundan sonra elde edilen karışımdan 2 adet 1'er kg tartılmış ve yukarıda belirtildiği üzere 1 kg'ı doğal halde bırakılmış, diğer 1 kg'a 150 adet solucan aşılacaktır. Kompostlama süresinin tamamlanması solucan davranışlarını izleyerek belirlenmiştir. Deneme kurulduktan 69 gün sonra solucanların ortamdaki kaçma eğilimleri başlamış, kompost üretimi her iki grup (kompost/vermikompost) için sonlandırılmıştır. Elde edilen materyallerin nem içerikleri dikkate alınarak saksılara verilecek miktarları tartılmış ve saksılara homojen olarak karıştırılmıştır. Kompostlama süresince farklı günlerde alınan toplam fenolik madde analizleri (Singleton ve Rossi, 1965) yapılarak kompostlamanın fenol kapsamındaki değişime etkileri belirlenmiştir.

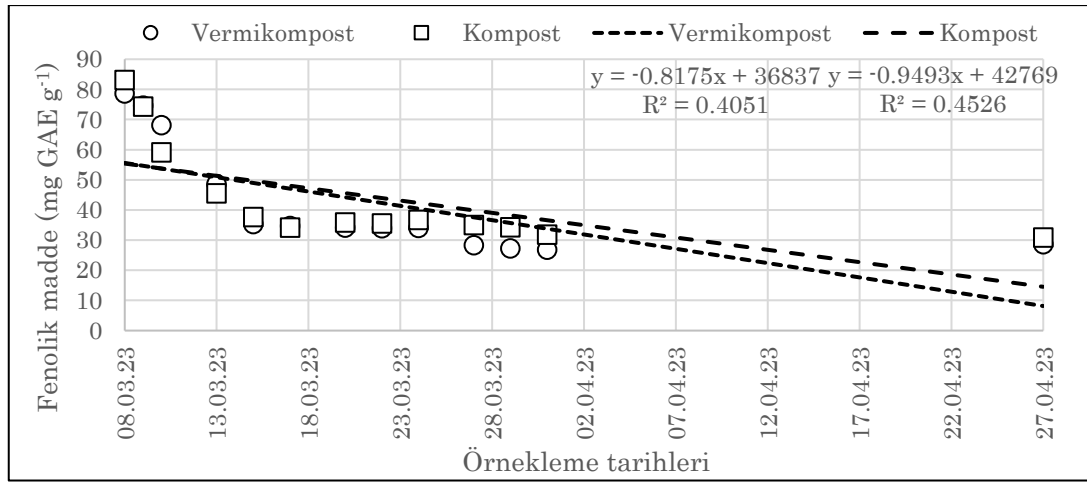
Bitkiler dikildikten 60 gün sonra toprak seviyesinin hemen üstünden kesilerek, kökler ise toprak ıslatılarak dikkatli bir şekilde çıkarılıp tartılmış, diğer ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Bundan sonra örnekler 65 °C sıcaklıkta etüvde kurutulmuş, öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Bitki örneklerinde makro ve mikro element analizleri Kacar ve İnal (2010), denemede kullanılan toprağın analizleri ise Kacar ve Katkat (2015) tarafından bildirilen yöntemlerle yapılmıştır. Kroma, HUE ve SPAD ölçümlerin tümü, en dış yapraktan 2 veya 3 yaprak içeride yer alan, tesadüfi olarak seçilen yapraklarda yapılmıştır. Kroma ve HUE değeri PCE-CSM 1 renk ölçer ölçüm cihazı ile yapılmıştır. SPAD değeri ise SPAD-502 klorofilmetre cihazı kullanılarak, Kroma ve HUE okuması yapılan yapraklarda ölçülmüştür. Denemeden elde edilen veriler Minitab paket

programında, tesadüf parselleri deneme deseni uyarınca varyans analizine tabi tutulmuş,  $p < 0.05$  düzeyinde önemli bulunan parametreler Tukey testi ile gruplandırılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Fenolik madde bulguları

Denemede kullanılan vermikompost ve kompostun fenol içeriğindeki değişim, kompostlama sürecinde zamana bağlı olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Bu amaçla karışımlar hazırlanıp, solucan aşılama işlemi tamamlandıktan sonraki 1., 2., 3., 5., 7., 9., 11., 13., 15., 17., 19., 21. ve 48. günlerde alınan örneklerde fenolik madde analizi yapılmıştır. Sonuçlar elde edilirken 17., 19. ve 21. günlerde elde edilen değerlerin nispeten birbirine yakın olması nedeniyle ölçüm aralığı uzatılmış, 48. günde yapılan analizde de sonuçların belirgin biçimde değişmediği görüldüğünden fenol analizlerine son verilmiştir.



Şekil 1. Kompostlama süresince substratlarda belirlenen fenolik madde içerikleri

Sonuçlar (Şekil 1) genel olarak solucan kullanımının solucan kullanılmaması durumuna göre fenol içeriğini daha fazla azalttığını göstermiştir. Toplam 13 kez yapılan ölçümlerden 2., 3., 5. ve 9. günlerde solucan kullanılmayan kompostlamada daha düşük fenol değerleri belirlenmiş, 3. günde fark 9 g GAE (Gallik Asit Eşdeğeri) g<sup>-1</sup> değerine ulaşmıştır. Diğer ölçüm günleri olan 2., 5., ve 9. günlerde belirlenen farklar ise 0.3, 3.1 ve 0.5 g GAE g<sup>-1</sup> gibi 3.gün ölçümlerine göre oldukça düşük düzeyde bulunmuştur. Değerler incelendiğinde, sürecin başlangıcında görülen bu salınının kaybolduğu ve solucanların etkisinin belirginleştiği söylenebilir. vermikompost, geleneksel komposta kıyasla fenolik maddelerin parçalanmasında daha etkili olduğunu vermikompostun solucanlar tarafından fenolik bileşiklerin ayrışmasını ve bitkiler için besin kullanılabilirliğini artıran yüksek mikrobiyal aktiviteden yararlandığını bildirmişlerdir (Rehman vd., 2023). Vermikompost ve kompost uygulamalarının ortalama fenol içerikleri üzerine etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Hasat dönemi sonrasında bitkilere geçen fenol miktarlarını belirlemek için bitki örneklerinde yapılan fenolik madde analizleri sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Elde edilen değerler incelendiğinde hem vermikompost kompost/ (VK/K) uygulamalarının hem dozların, hem de VK/K x Doz interaksiyonunun  $p < 0.001$  düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Ortalama değerler itibarıyla vermikompost ve kompost karşılaştırıldığında kompost uygulanan topraklardan bitkiye fenolik madde geçişinin, vermikompost uygulamasına göre %45 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum büyük olasılıkla ortamda bulunan fenolik madde içeriğinin (Şekil 1) solucanların salgısıyla bir şekilde bağlanması ve bitkiye geçişinin azaltılması şeklinde gerçekleşmektedir. Ortalama değerler bakımından dozlar incelendiğinde artan dozların fenolik madde içeriğini artırdığı görülmekte ise de, VK/K x Doz interaksiyonları incelendiğinde, vermikompostun 1000 ve 2000 dozlarının bitkinin fenol içeriği üzerine kontrol uygulamasına kıyasla istatistiki olarak etkili olmadığına ( $p > 0.05$ ), ortalamada görülen bu anlamlı



etkinin kompost uygulamasının ilk dozundan itibaren meydana gelen önemli artışlardan kaynaklandığına işaret etmektedir. Bunning vd., (2010) marul bitkisinin toplam fenolik madde içeriğinin 66 – 212 mg g<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise vermikompost uygulamasında bitkideki toplam fenolik madde içeriğinin 71 – 84 mg GAE g<sup>-1</sup> arasında değiştiği, kompost uygulamalarında ise değişimin 74 – 158 mg GAE g<sup>-1</sup> aralığında olduğu görülmüştür. Ayrıca fenolik madde içeriği üzerine sebzenin çeşidinin, uygulanan azot miktarının, uygulama şeklinin, toprak ve iklim şartlarının etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada sözü edilen farklar bulunmadığından, bitkide belirlenen fenolik madde miktarı tamamen kompostlamanın solucan ile veya solucan olmadan yapılması ile ilintilidir. Substratların fenolik madde içeriği (Şekil 1) ile bitkiye geçen fenolik madde sonuçları (Tablo 4) bir arada değerlendirildiğinde, solucan ile kompostlama sonucunda, substratın fenolik madde içeriğinde istatistiki düzeyde azalma gözlenmese dahi, solucan kullanımının bitkiye fenolik madde geçişinde etkili olduğu bulunmuştur. Bu bulgudan hareketle organik gübre elde ederken pirina kullanılması durumunda, termofilik fazı da içeren tam bir kompostlama sürecini takiben solucan aşılmasının, bitkide substrattan kaynaklanan fenolik madde artışına neden olmayabileceği söylenebilir.

**Tablo 4.** Bitki örneklerinin fenolik madde içerikleri (mg GAE g<sup>-1</sup>)

Dozlar (kg da <sup>-1</sup> )	Vermikompost	Kompost	Ortalama
0	78 d	74 d	76 C
1000	71 d	115 b	93 B
2000	76 d	100 bc	88 B
4000	84 cd	158 a	121 A
Ortalama	77 B	112 A	
ANOVA			
F <sub>VK/K</sub>	212.39 ***		
F <sub>Doz</sub>	64.38 ***		
F <sub>VK/KxDoz</sub>	49.69 ***		

#### *Verim ve biyokütle ile ilgili bulgular*

Uygulamaların marul bitkisinin hasat sonrası verimine (taze bitki ağırlığı), yeşil aksam ve kök kuru ağırlıklarına, marulun boyuna ve enine ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Taze ağırlık sonuçları ortalama değerler itibarıyla incelendiğinde 178 g ile kompost uygulamasından daha yüksek değerlerin elde edildiği ancak istatistiki olarak vermikompost ile kompost uygulamaları arasında anlamlı fark oluşmadığı görülmüştür. Dozlar arasında ise 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında kontrol (0 dozu) uygulamasına göre daha yüksek değerlerin elde edildiği, dozun 4000 kg da<sup>-1</sup>'a çıkması durumunda elde edilen bu olumlu artışın kaybolduğu tespit edilmiştir. En yüksek doz olan 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunun ortalama değerler itibarıyla verimi azaltması ve bitkinin fenolik madde içeriğini (Tablo 4) artırması, bu dozun seçilmemesi gerektiğine işaret etmektedir.

Vermikompostun artan dozlarının bitki verimini azalttığı Frasetya vd., (2019) tarafından bildirilmiştir. Benzer şekilde Tavalı vd., (2013) tarafından yürütülmüş olan çalışmada vermikompostun karnabaharda mineral beslenme yönünden olumlu etkisinin olduğu, ancak seçtikleri en yüksek vermikompost dozunun verimde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde, en yüksek değerlerin 186 g ile vermikompost uygulamasının 2000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu belirlenmiştir. Adiloğlu vd., (2018)'in çalışmasında marulun yaş ağırlığının 123-143 g arasında değiştiği ve bitki yaş ağırlığı yönünden vermikompost uygulamasında kontrole oranla artışın meydana geldiğini bildirmişlerdir. Literatürdeki verilerle uyumlu olarak bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda, 4000 kg da<sup>-1</sup> dozu hariç olmak üzere vermikompost uygulamasının önerilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Vermikompost uygulamasında daha yüksek değerlerin elde edilmesinin vermikompostun çeşitli faydalı hormonları içermesi (Yılmaz vd., 2017), solucanların ortamın C/N oranını düşürmesi (Dominguez vd., 2010) ve buna bağlı olarak daha fazla besin elementinin serbestleşmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Yeşil aksam kuru ağırlıkları incelendiğinde, ortalama değerler itibarıyla kompost uygulamasının vermikompost

uygulamasından daha fazla yeşil aksam kuru ağırlığını artırdığı görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Verim değerlerinde ise böyle bir fark görülmemiştir. İnteraksiyonlar arasında en yüksek değer kompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda görülürken, ikinci yüksek değer vermikompostun aynı dozunda görülmüştür. Gerek verimde neden olduğu azalma ve gerekse yüksek fenol içerikleri nedeniyle 4000 kg da<sup>-1</sup> dozları hariç tutulursa, kuru ağırlık bakımından en yüksek değer vermikompostun 2000 kg da<sup>-1</sup> dozu ile kompostun 1000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında olduğu söylenebilir. Kök kuru ağırlığı değerlerinin yeşil aksam kuru ağırlığı ile benzer olduğu ancak kök kuru ağırlıkları arasında da istatistiki olarak anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür. Stancheva ve Mitova (2002) marul bitkisine vermikompost uygulanması sonucu marulda kuru madde ağırlığında artış olduğunu bildirmiştir. Bu bulgunun aksine, Ali vd., (2007) vermikompostun tek başına etmen olarak kullanıldığı yetiştirme ortamında bitki kuru ağırlığının en düşük verime sahip olduğunu bildirilmişlerdir. Literatürdeki verilerle uyumlu olarak bu çalışmadan elde edilen veriler, vermikompostun 4000 kg da<sup>-1</sup> dozu haricinde kontrole göre hem vermikompostta hem de kompostta artış belirlenmiştir. Hernández vd., (2010) marulun bitki boyunun vermikompost uygulamasından daha çok mineral gübreden etkilendiğini bildirmişlerdir. Adiloğlu vd., (2018) ise marul bitki boyunun 24.2-26.6 cm arasında değiştiğini ve bitki boyu açısından vermikompost uygulamalarının kontrole göre önemli artış sağladığını, yüksek vermikompost dozlarının ise bitki boyunda azalmaya neden olduğunu rapor etmiştir. Ortalama değerler itibariyle vermikompost uygulaması marul bitkisinin yaprak eni üzerinde olumsuz etkide bulunmuş ( $p < 0.05$ ), kompost uygulamasında daha yüksek yaprak eni değerlerine ulaşılmıştır. Ortalama doz değerleri arasında sadece 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda istatistiki düzeyde bir azalma görülmüş, diğer dozlar arasında ise anlamlı farklar görülmemiştir. İnteraksiyon değerleri arasında en düşük değer vermikompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda belirlenmiş, diğer tüm değer arasında istatistiki olarak önemsiz farklar belirlenmiştir.

**Tablo 5.** Marul verimi, yeşil aksam ve kök kuru ağırlığı, marul boyu ve eni

Materyal	Dozlar	Verim	Yeşil aksam kuru ağırlık	Kök kuru ağırlık	Marul boyu	Marul eni
	kg da <sup>-1</sup>	g bitki <sup>-1</sup>	g		Cm	
Vermikompost	0	170	16.3 ab	1.27 ab	12.1	13.0 a
	1000	185	17.0 ab	1.32 ab	12.3	12.9 a
	2000	186	18.9 ab	1.35 ab	12.5	13.9 a
	4000	168	15.6 b	0.89 b	11.8	8.8 b
Kompost	0	172	16.8 ab	1.36 ab	12.3	13.6 a
	1000	184	18.9 ab	1.09 ab	13.3	13.7 a
	2000	182	17.6 ab	1.13 ab	12.9	13.1 a
	4000	173	18.9 a	1.45 a	12.5	13.1 a
<b>Ortalamalar</b>						
Vermikompost		177	16.9 B	1.21	12.2	12.1 B
Kompost		178	18.0 A	1.26	12.8	13.4 A
Dozlar	0	171 B	16.6	1.31	12.2	13.3 A
	1000	185 A	17.9	1.20	12.8	13.3 A
	2000	184 A	18.3	1.24	12.7	13.5 A
	4000	170 B	17.2	1.17	12.1	10.9 B
<b>ANOVA</b>						
F <sub>VK/K</sub>		0	4.37 *	0.31	4.49	9.35 **
F <sub>Doz</sub>		6.34 **	1.97	0.41	1.41	9.26 ***
F <sub>VK/K x Doz</sub>		0.45	3.28 *	3.68 *	0.30	7.07 **

\*Küçük harfler interaksiyonu büyük harfler ortalamayı ifade etmektedir. Farklı harflerle temsil edilen uygulamalar arasında fark vardır. \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$

#### **Kroma, HUE ve SPAD değerleri**

Marul bitkisinde ölçülen kroma, HUE ve SPAD değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Marul bitkisinde ölçülen kroma değerleri ortalamalar üzerinden değerlendirildiğinde, vermikompost ve kompost uygulamaları arasında anlamlı bir farkın bulunmadığı belirlenmiştir.

**Tablo 6.** Belirlenen Kroma, HUE ve SPAD değerleri

Materyal	Dozlar (kg da <sup>-1</sup> )	Kroma değeri	HUE değeri	SPAD değeri
Vermikompost	0	31.0	89	31.3
	1000	36.4	108	31.9
	2000	37.5	107	35.2
	4000	34.7	105	36.0
Kompost	0	29.9	90	32.8
	1000	33.6	96	33.3
	2000	36.6	106	32.0
	4000	38.0	105	32.7
<b>Ortalamalar</b>				
Vermikompost		34.9	102	33.6
Kompost		34.5	100	32.7
Dozlar	0	30.4 B	90 B	32.0
	1000	35.0 AB	102 AB	32.6
	2000	37.0 A	107 A	33.6
	4000	36.3 A	105 A	34.4
<b>ANOVA</b>				
F <sub>VK/K</sub>		0.10 <sup>ÖD</sup>	0.64 <sup>ÖD</sup>	0.81 <sup>ÖD</sup>
F <sub>Doz</sub>		6.06 *	5.96 *	1.06 <sup>ÖD</sup>
F <sub>VK/K x Doz</sub>		1.18 <sup>ÖD</sup>	0.84 <sup>ÖD</sup>	1.80 <sup>ÖD*</sup>

\* Küçük harfler interaksiyonu büyük harfler ortalamayı ifade etmektedir. Farklı harflerle temsil edilen uygulamalar arasında fark vardır. \*\*\* p < 0.001, \*\* p < 0.01, \* p < 0.05

Ortalamalar itibariyle dozlar arasında ise hem 2000 kg da<sup>-1</sup> hem de 4000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında en yüksek değerler elde edilmiş, tüm dozlarda kontrol uygulamasına göre artış kaydedilmiştir. İnteraksiyon değerleri önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Kroma değeri büyüdükçe rengin doygunluğu artmakta olup bu istenilen bir durumdur. Eşiyok vd., (2006), yaprak kroma değerinde sadece gübrelemenin etkili olmadığını, yaprak klorofil içeriği, ortamdaki ışık şiddeti ve yaprak büyüklüğü gibi faktörlerin de etkili olduğunu bildirmiştir. HUE değerleri ile kroma değerleri arasında tam bir uyum belirlenmiş, vermikompost ve kompost uygulamalarının ortalamaları ile interaksiyonlar arasında anlamlı farklar görülmemiştir. İstatistiki olarak anlamlı olmamakla birlikte en yüksek HUE değeri 108 ile vermikompost uygulamasının 1000 kg da<sup>-1</sup> dozunda belirlenmiştir. En düşük değerler ise kontrol uygulamalarında görülmüş, tüm dozlar kontrole göre HUE değerini artırmıştır. HUE değerlerine göre yaprak renklerinin yeşile yakın bir renkte olduğu görülmektedir. Çağlar (2014) tarafından yapılan çalışmada ise marulda HUE değerinin 146.7 ile 147.6 gibi çok dar bir aralık arasında olduğunu bildirilmişlerdir. Çalışmadan elde edilen değerler (Tablo 6) incelendiğinde ise vermikompost uygulamalarında değerlerin 89–108 arasında, kompost uygulamasında ise 90–106 arasında olduğu görülmektedir. Klorofil içeriği ile ilintili sonuçlar veren SPAD değerleri incelendiğinde, uygulama ve doz ortalamaları ile interaksiyonlar arasında farkların bulunduğu, ancak bu farkların istatistiki düzeyde anlamlı olmadığı görülmüştür. Tüm dozlar SPAD değerini kontrole göre artırmıştır. Marulda SPAD ölçümü yapılan çalışmalarda SPAD değerinin 21.7–25.8 (Bilgi, 2009), 25–40 (Akbay, 2012), 33.97–38.83 (Kul, 2014) ve 14.9–27.1 (Solak, 2016) arasında olduğu bildirilmiştir. Burada belirlenen sonuçlar ise SPAD değerlerinin vermikompost uygulamasında 33.1–36.0 arasında, kompost uygulamasında ise 32.0–33.3 arasında olduğunu göstermiştir.

#### *Bitkide belirlenen bazı makro ve mikro element konsantrasyonları*

Analize hazır hale getirilen bitki örneklerinde N, P, K, Mg, Zn, Mn ve Cu analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir. Yaprak azot konsantrasyonu değerleri ortalamalar itibariyle incelendiğinde vermikompost ve kompost uygulamaları arasında %0.03 gibi son derece düşük bir farkın olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerler itibariyle dozlar incelendiğinde ise kontrol uygulamasına göre tüm dozların bitkinin azot konsantrasyonunu artırdığı görülmüştür. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde, en yüksek azot konsantrasyonunun vermikompost uygulamasının 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında, kompost uygulamasında ise 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu görülmüştür. Bu sonuçtan hareketle azot konsantrasyonu yönünden vermikompost uygulamasının daha



düşük dozlarının, kompost uygulamasının daha yüksek dozları kadar azot kapsamını artırdığı söylenebilir. Karademir (2019), vermikompost uygulamasının marulun azot kapsamını kontrole göre %53'e varan düzeyde artırdığını bildirmiştir. Uygulamaların marul bitkisinin fosfor konsantrasyonuna etkisi incelendiğinde ortalama değerler itibarıyla kompost uygulamasında vermikompost uygulamasından daha yüksek değerler elde edildiği görülmüştür. Dozlar arasında ise kontrol (0 dozu) dozuna göre 4000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında daha yüksek fosfor konsantrasyonu elde edilmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde ise en yüksek değer kompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu görülmüştür. Brito vd., (2014) kireç, kompost ve ham kaya fosfatının organik marul gelişimi ve besin alımı etkileri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında marul bitkisinin N, P ve K içeriklerinin arttığını, en yüksek artışın kompost uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir.

**Tablo 7.** Bitkide belirlenen N, P, K, Mg, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları

Materyal	Dozlar	N	P	K	Mg	Zn	Mn	Cu							
	kg da <sup>-1</sup>	%			mg kg <sup>-1</sup>										
Vermikompost	0	3.67 ab	0.283 bc	3.70	0.261 bc	24.2 cd	73.9 b	11.3							
	1000	4.26 a	0.263 bc	4.81	0.261 bc	21.8 cd	53.5 bc	12.9							
	2000	4.21 a	0.242 c	4.47	0.250 c	43.9 a	26.5 d	4.8							
	4000	3.74 ab	0.310 ab	4.26	0.422 a	27.5 bc	100.2 a	8.8							
Kompost	0	3.43 b	0.261 bc	3.47	0.330 b	18.1 d	63.9 b	19.7							
	1000	4.13 ab	0.277 bc	4.79	0.309 bc	24.3 cd	76.3 ab	12.5							
	2000	4.11 ab	0.307 ab	4.38	0.328 b	34.4 b	35.4 cd	8.3							
	4000	4.33 a	0.365 a	5.27	0.313 bc	18.0 d	38.6 cd	8.4							
Ortalamalar															
Vermikompost		3.97	0.275 B	4.31	0.299	29.4 A	63.5 A	9.5							
Kompost		4.00	0.303 A	4.48	0.320	23.7 B	53.6 B	12.2							
Dozlar	0	3.55 B	0.272 B	3.59 B	0.296 B	21.1 B	68.9 A	15.5 A							
	1000	4.19 A	0.270 B	4.80 A	0.285 B	23.1 B	64.9 A	12.7 AB							
	2000	4.16 A	0.275 B	4.43 AB	0.289 B	39.2 A	31.0 B	6.6 B							
	4000	4.04 A	0.338 A	4.77 A	0.368 A	22.7 B	69.4 A	8.6 AB							
ANOVA															
F <sub>VK/K</sub>		0.09	ÖD	11.28	**	0.34	ÖD	4.14	ÖD	20.17	***	8.01	*	1.72	ÖD
F <sub>Doz</sub>		8.64	***	15.40	***	3.82	**	13.51	***	44.76	***	27.6	***	3.60	*
F <sub>VK/K x Doz</sub>		3.54	*	5.64	**	0.97	ÖD	16.86	***	5.01	**	27.6	***	0.99	ÖD*

\* Küçük harfler interaksyonu büyük harfler ortalamayı ifade etmektedir. Farklı harflerle temsil edilen uygulamalar arasında fark vardır. \*\*\* p < 0.001, \*\* p < 0.01, \* p < 0.05

Toprağa vermikompost uygulaması yapılan çalışmalarda toprakta fosfor mineralizasyonunun arttığı bildirilmiştir (Hashemimajd vd., 2004; Arancon vd., 2006; Uma ve Malathi, 2009). Durak vd., (2017) marul bitkisinde vermikompost uygulamasının fosfor konsantrasyonunu artırdığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmaların aksine Adiloğlu vd., (2018) marul bitkisine vermikompost uygulamasının fosfor konsantrasyonunu artırmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise hem kompost hem de vermikompost uygulamalarının marul bitkisinin fosfor konsantrasyonunu üzerine istatistiki olarak anlamlı düzeyde etki ettiği görülmüştür. Potasyum değerleri incelendiğinde ortalama değerler itibarıyla kompost uygulamasının potasyum konsantrasyonunu artırdığı ancak artışın anlamlı olmadığı (p>0.05) görülmüştür. Yine ortalama değerler itibarıyla dozlar arasında kontrolün en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde en yüksek değer kompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu ancak interaksyonlar arasında belirlenen farkların önemli olmadığı (p>0.05) görülmüştür. Adiloğlu vd., (2018) tarafından marul bitkisinde yapılan çalışmada kontrol grubu ve vermikompost uygulamaları arasında potasyum konsantrasyonu yönünden önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Özen (2018) tarafından marulda artan dozda vermikompost uygulamasının potasyum konsantrasyonunu azalttığı bildirmiştir. Çıtak vd., (2011) vermikompostun toprak reaksiyonu üzerine etkili olduğunu, buna bağlı olarak yüksek dozların N, P, K ve Mg konsantrasyonu üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen potasyum değerleri Jones vd., (1991) tarafından bildirilen yeterlilik sınırlarına göre vermikompost ve kompost uygulamalarında marul bitkisinin yaprak potasyum içeriklerinin noksan seviyede olduğu görülmüştür. Uygulamaların marul bitkisinin yaprak

magnezyum konsantrasyonuna etkilerine ilişkin sonuçlar ortalama değerler itibariyle incelendiğinde, vermikompost uygulamasında daha yüksek Mg konsantrasyonu değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Ancak istatistiki olarak vermikompost ile kompost uygulamaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Yine ortalama değerler itibariyle dozlar arasında en yüksek magnezyum konsantrasyonu 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda belirlenmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamalarının etkileşimleri değerlendirildiğinde ise en yüksek değer vermikompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu tespit edilmiştir. Jones vd., (1991) marul bitkisinin magnezyum konsantrasyonunun %0.30- 0.50 aralığında noksan, %0.50-0.80 arasında yeterli, %0.80 ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmiştir. Bu değerler doğrultusunda vermikompostun 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda belirlenen Mg değeri yeterli, diğer tüm dozlardaki değerler ise noksan sınıfında yer almaktadır. Durak vd., (2017) marula vermikompost uygulamasının Mg konsantrasyonunu kontrol uygulamasına göre artırdığını, 300 kg da<sup>-1</sup> dozunda en yüksek değere ulaştıklarını bildirmişlerdir. Bu sonuç, burada sonuçları verilen denemede seçilen en düşük dozun dahi vermikompost uygulaması için yüksek olmuş olabileceğini çağrıştırmaktadır. Diğer yandan bu çalışmada vermikompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozu haricindeki uygulamalarda Mg konsantrasyonunda önemli bir artışın olmadığı tespit edilmiştir. Benzer biçimde Adiloğlu vd., (2018) kontrol ve vermikompost dozları uygulamaları arasında magnezyum konsantrasyonu bakımından önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Belirlenen Zn değerleri ortalama değerler itibariyle incelendiğinde vermikompost uygulamasının Zn konsantrasyonunu belirgin biçimde artırdığı görülmüştür. Dozlar arasında ise en yüksek çinko konsantrasyonu 2000 kg da<sup>-1</sup> dozundan elde edilmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamalarının etkileşimleri değerlendirildiğinde ise en yüksek Zn konsantrasyonunun vermikompost uygulamasının 2000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu tespit edilmiştir. Ali vd., (2007) çinko konsantrasyonu artırmada vermikompostun, komposttan daha etkili olduğunu bildirmiştir. Hernández vd., (2010) marulun çinko konsantrasyonunun organik gübrelerden çok mineral gübrelerden etkilendiğini ve bitkinin çinko konsantrasyonunun 35 – 45 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Benzer biçimde Hınıslı (2014) kıvrıcık marulda vermikompost uygulamalarının bazı dozlarında en düşük çinko konsantrasyona ulaşıldığını, genel olarak bitkinin çinko konsantrasyonlarının 17.1 ile 62.9 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Durak vd., (2017) ise vermikompost uygulamasının çinko konsantrasyonu artırdığını ve bu artışın uygulama dozu artışı ile uyumlu olduğunu, çinko konsantrasyonlarının 23.1 ile 54.9 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, en yüksek çinko konsantrasyonuna 300 kg da<sup>-1</sup> vermikompost uygulamasında ulaşıldığını belirlemiştir. Jones vd., (1991) marul bitkisinde çinko konsantrasyonu 20–24 mg kg<sup>-1</sup> aralığında noksan seviyede, 25–250 mg kg<sup>-1</sup> arasında yeterli, 250 mg kg<sup>-1</sup> ve üzerinde ise fazla miktarda olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada belirlenen çinko konsantrasyonlarının yeterli sınıfına girdiği belirlenmiştir. Mangan konsantrasyonlarına ilişkin ortalama değerler itibariyle kompost uygulamasından daha yüksek değerler elde edilmiştir. Dozlar arasında ise en yüksek mangan konsantrasyonun 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu görülmüştür. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde en yüksek mangan değerinin vermikompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda olduğu tespit edilmiştir. Hernández vd., (2010) marul bitkisi kullanarak yürüttükleri çalışmalarında mangan konsantrasyonunun 44–65 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik gösterdiğini, en yüksek mangan konsantrasyonuna ise vermikompost uygulamasında ulaşıldığını bildirmişlerdir. Hınıslı (2014), marul bitkisinin mangan konsantrasyonunu 9.9–25.5 mg kg<sup>-1</sup> aralığında bulmuştur. Bu bulgulardan farklı olarak Özen (2018) organik materyal uygulama dozuna bağlı olarak marul bitkisinin yaprak mangan konsantrasyonunu azaldığı bildirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler vermikompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozu haricinde, doz artışına bağlı olarak mangan konsantrasyonunda azalma meydana geldiğini göstermiştir. Jones vd., (1991), marul bitkisinin mangan konsantrasyonunun 10–14 mg kg<sup>-1</sup> aralığında noksan, 15–250 mg kg<sup>-1</sup> arasında yeterli, 250 mg kg<sup>-1</sup> ve üzerinde ise fazla miktarda olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında değerlendirildiğinde, belirlenen mangan konsantrasyonlarının yeterli seviyede olduğu görülmüştür. Yaprak bakır konsantrasyonu sonuçları ortalama değerler itibariyle incelendiğinde, vermikompost uygulamasında daha yüksek bakır değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Dozlar incelendiğinde ise uygulama dozları arttıkça bakır konsantrasyonunun azaldığı, en yüksek değer kontrol uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde en yüksek değer

vermikompost uygulamasının kontrol dozunda olduğu görülmüştür. Artan organik gübre dozlarına bağlı olarak gözlenen bakır konsantrasyonundaki azalmanın azot ve fosfor alımının bitkide büyümeyi artırması sonucu seyrelmeye neden olması ile açıklanabilir (Kacar ve Katkat, 2015). Vermikompost uygulamalarının maydanoz bitkisinin bakır konsantrasyonunu azalttığı bildirilmiştir (Eryüksel, 2016). Çalışmadan elde edilen sonuçlar bakır içeriklerinin yeterli (Jones vd., 1991) seviyede olduğunu göstermektedir.

#### Hasat sonrası toprakta belirlenen makro ve mikro element konsantrasyonları

Hasat tamamlandıktan sonra saksılarda kalan toprakların besin elementi konsantrasyonları analiz edilmiştir. Bu amaçla her bir saksıdaki toprak homojen olarak karıştırılmış, alınan örneklerde seçilen makro ve mikro elementlerin yarayıklı formları analiz edilmiştir. Belirlenen N, P, K, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8.** Hasat sonrası toprakta belirlenen N, P, K, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları

Materyal	Dozlar kg da <sup>-1</sup>	N	P	K	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
		%				mg kg <sup>-1</sup>			
Vermikompost	0	0.173	48.9 c	626	222	5.41 e	3.43 b	26.8 ab	2.04
	1000	0.202	63.5 bc	586	215	6.72 cd	2.36 cd	25.0 ab	2.49
	2000	0.191	90.3 a	589	238	7.98 ab	2.45 cd	28.6 ab	2.70
	4000	0.225	86.9 a	735	259	6.84 bc	5.25 a	22.0 b	4.06
Kompost	0	0.170	49.1 c	630	205	5.48 de	3.49 b	25.3 ab	1.98
	1000	0.097	66.3 b	630	212	6.12 cde	1.92 d	23.7 ab	2.41
	2000	0.214	68.6 b	726	191	7.27 bc	2.54 cd	24.2 ab	2.30
	4000	0.265	78.1 ab	727	231	8.73 a	2.86 bc	29.7 a	2.64
Ortalamalar									
Vermikompost		0.198	72.4 A	634	234 A	6.74	3.37 A	25.6	2.82
Kompost		0.186	65.6 B	678	210 B	6.90	2.70 B	25.7	2.33
Dozlar	0	0.171 AB	49.0 C	628	213 B	5.44 C	3.46 B	26.1	2.01 B
	1000	0.149 B	64.9 B	608	214 B	6.42 B	2.14 C	24.4	2.45 AB
	2000	0.203 AB	79.5 A	658	215 B	7.63 A	2.50 C	26.4	2.50 AB
	4000	0.245 A	82.5 A	731	245 A	7.78 A	4.06 A	25.9	3.35 A
ANOVA									
F <sub>VK/K</sub>		0.25 <sup>ÖD</sup>	10.26 **	1.53 <sup>ÖD</sup>	8.70 **	0.84 <sup>ÖD</sup>	29.83 ***	0.01 <sup>ÖD</sup>	3.39 <sup>ÖD</sup>
F <sub>Doz</sub>		3.36 *	51.56 ***	2.26 <sup>ÖD</sup>	3.75 *	37.40 ***	51.05 ***	0.41 <sup>ÖD</sup>	4.46 *
F <sub>VK/K x Doz</sub>		2.04 <sup>ÖD</sup>	6.73 **	0.85 <sup>ÖD</sup>	1.29 <sup>ÖD</sup>	11.16 ***	22.94 ***	3.62 *	1.43 <sup>ÖD*</sup>

\*Küçük harfler interaksyonu büyük harfler ortalamayı ifade etmektedir. Farklı harflerle temsil edilen uygulamalar arasında fark vardır. \*\*\* p < 0.001, \*\* p < 0.01, \* p < 0.05

Toprakta belirlenen azot konsantrasyonları arasında belirgin farklar bulunmuş olmakla beraber, dozlar dışında bu farkların istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 8; p>0.05). Doz ortalamaları, toprakta kalan azot miktarının uygulamalardan etkilendiğini göstermiş, en yüksek artış azotun en yüksek organik substrat uygulamalarında olduğu görülmüştür. Ortalama değerler itibarıyla vermikompost uygulamasında daha yüksek fosfor bulunduğu, dozlar arasında 2000 ve 4000 kg da<sup>-1</sup> dozlarının diğerlerinden daha fazla fosfor içerdiği, interaksyonlar arasında ise en yüksek değer vermikompostun 2000 ve 4000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında olduğu tespit edilmiştir. Potasyum konsantrasyonu bakımından değerler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklar görülmemiştir. Ancak genel eğilim artan dozların toprakta kalan potasyumu artırdığı yönündedir. Magnezyum konsantrasyonları incelendiğinde, interaksyonların istatistiki olarak önemli olmadığı, ortalamalar itibarıyla vermikompost uygulamasında daha yüksek Mg kaldığı, dozlar arasında 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunun ön plana çıktığı ve diğer dozlar arasında fark bulunmadığı görülmüştür. Toprakta hasat sonrasında dahi önemli miktarda besin elementi kalmış olması, organik gübrelerin yavaş yavaş mineralize olması ve içerisindeki besin elementini yavaş yavaş salması (Chaoui vd., 2003) ile ilgilidir. Diğer yandan toprakta organik madde bulunması, toprakta fosforun yarayıklı hale dönmesine engel olmakta (Kacar ve Kovancı, 1982), bu sayede hasat sonrası dahi toprakta var olan yarayıklı fosfor miktarı yüksek düzeyde bulunabilmektedir. Vermikompost uygulamalarında daha yüksek besin elementi bulunması ise vermikompostun mineralizasyonu artırması ile ilgilidir (Hashemimajd vd., 2004;

Arancon vd., 2006; Uma ve Malathi, 2009). Hasat sonrası toprakta belirlenen Fe konsantrasyonları (Tablo 8) uygulamalardan belirgin biçimde etkilenmiştir. Vermikompost ile kompost arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı değildir. Dozlar arasında en yüksek değerler 2000 ve 4000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında bulunurken, interaksiyonlarda en yüksek değer kompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozundadır. En düşük değerler ise uygulama yapılmayan kontrol grubundan elde edilmiştir. Ortalama değerler itibariyle çinko konsantrasyonları incelendiğinde, vermikompost uygulanan topraklarda, kompost uygulanan topraklara nazaran %25 daha fazla çinko bulunduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Yine ortalama değerler bakımından dozlar incelendiğinde, 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup> dozlarında, toprakta kalan çinko miktarının kontrolden dahi düşük olduğu, 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda ise en yüksek çinko değerine ulaşıldığı görülmüştür. İnteraksiyonlarda en yüksek değer vermikompostun 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda bulunmuştur. Mangan konsantrasyonu ortalama değerler itibariyle dozlar ve vermikompost-kompost uygulamaları arasında istatistiki düzeyde farklar görülmemiş ancak interaksiyonlar önemli bulunmuştur (p<0.05). İnteraksiyonlarda en yüksek değer kompost uygulamasının 4000 kg da<sup>-1</sup> dozunda görülmüştür. Cu içeriklerinde sadece doz ortalamaları önemli bulunmuş (p>0.05), artan dozlara bağlı olarak toprakta kalan bakır konsantrasyonları artmıştır. Hasat sonrası toprakta kontrole oranla yüksek miktarda mikro element bulunması yine Chaoui vd., (2003) tarafından bildirildiği üzere organik maddenin mineralizasyonu ile ilgilidir. Ayrıca vermikompost mikrobiyel faaliyet bakımından çok aktif olduğundan (Domínguez, 2010) komposta göre mineralizasyon hızı daha yüksek olmuş olabilir. Bu durum vermikompost uygulamalarında daha yüksek makro ve mikro besin elementi bulunmasını açıklar niteliktedir. Diğer yandan toprakta bitkiler hasat edilse bile, topraklar tamamen kuruyuncaya kadar geçen sürede mineralizasyon devam etmektedir. Mineralizasyon sonucu açığa çıkan elementler nedeniyle de hasat sonrasında yüksek besin elementi kapsamı belirlenmiş olabileceği düşünülmektedir.

## Sonuç

Çalışmadan elde edilen sonuçlar genel olarak çalışmanın hipotezini doğrulamış, test edilen birçok parametrede vermikompost ve kompost arasında istatistiki düzeyde anlamlı farklar görülmüştür. Yüksek varyasyon nedeniyle istatistiki olarak anlamlı olmasa da başlangıç yığınının solucan aşılana kadar elde edilen vermikompost sürecinde fenolik madde içeriğindeki azalma eğilimi normal komposta göre daha fazla olmuştur. Bu durum solucanların bulunduğu ortamda mikrobiyel aktivitenin de yüksek olması, mikroorganizmaların fenolik maddeleri parçalaması ile ilişkilendirilmiştir. Verim bakımından vermikompost ile kompost arasında anlamlı fark görülmemiştir. Ancak kuru ağırlık değerleri kompost uygulamasında daha yüksek olmuştur. Bitki yapraklarında belirlenen Kroma, HUE, SPAD değerlerinin hiçbirinde vermikompost ve kompost uygulamaları arasında istatistiki fark görülmemiş. Bu değerler ile biyomas parametreleri arasında hiçbir ilişki bulunmazken, besin elementeri arasında çok az sayıda anlamlı ilişki bulunmuştur. Bu parametrelerin ölçümleri arasında farklar olmasına rağmen istatistiki olarak anlamlı bulunmaması ölçüm sayısı ile ilişkilendirilmiştir. Hasat sonrası toprakta kalan besin elementleri yönünden elde edilen değerler incelendiğinde vermikompost uygulanan topraklarda daha fazla besin elementi kaldığı görülmüştür. Bu durum büyük olasılıkla solucan gübresindeki bazı enzimlerin mineralizasyonu hızlandırması ve solucan salgıları nedeniyle vermikompostun mikrobiyel olarak daha aktif olması ile ilişkilidir. Hasat sonrası analiz edilen parametreler arasında istatistiki olarak fark bulunan fosfor, magnezyum, çinko parametrelerinin tümünde vermikompost uygulamasından elde edilen değerler daha yüksek bulunmuştur. Belirlenen parametrelerin tamamına yakınında artan doz ile belirlenen özellik arasında uyum belirlenmiştir. Diğer deyişle elde edilen veriler kullanılarak herhangi bir özelliğin ulaşması istenilen düzey için doz hesaplaması mümkün olabilir. Ancak organik maddenin mineralizasyonunu etkileyen çevresel faktörlerin hassas bir hesaplama için olanak sağlamayabileceği de beklenmelidir. Dozlar bakımından vermikompost ile kompost arasında görülen ve vurgulanması gereken en önemli husus, vermikompostun yüksek dozlarının olumsuz etkilerinin görülmemesidir. Bu durum kompostta görülmezken vermikompost uygulamalarında çok kez ortaya çıktığı literatürdeki araştırmacılar tarafından da birçok kez dile getirilmiştir. Kompostlama sürecinin toplam süresi solucan davranışlarına bakılarak belirlendiği bu

çalışmada, 69 günün her ne kadar vermicompost eldesi için yeterli olsa da normal kompost üretimi için yeterli olmayabileceği düşünülmektedir. Diğer yandan oda koşullarında kompost üretimi yapılmış olması ve yığının yeterince büyük olmaması nedenleriyle yığında termofilik faz gözlenmemiştir. Her ne kadar bu deneme kapsamında değerlendirilmemiş olsa da tam bir kompostlamanın ardından yığınlar solucan aşılmasının hem yığının fenolik madde kapsamının azaltılmasında hem de topraklara uygulama sonrası bitkiye fenolik madde geçişinin sınırlandırılmasında yarar sağlama potansiyelinde olduğu düşünülmektedir. Mevcut bulgular ışığında, pirinanın ana bileşen olduğu karışımdan solucanlar yardımıyla vermicompost elde edilmesinin ve bu vermicompostun 1000 ila 2000 kg da<sup>-1</sup> dozlarının kullanılmasının önerilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışma Muvahhid KILIÇARSLAN'ın Yüksek Lisans Tezinde yer alan tüm veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Yazarlar olarak tez jürisinde yer alan Prof. Dr. Figen ERASLAN İNAL ve Prof. Dr. İsmail TOSUN'a teşekkür ederiz.

#### Yazar Katkı Oranları

Muvahhid Kılıçarslan: Araştırma, Orijinal Taslak Yazımı, Görselleştirme, Ali Coşkan: Doğrulama, İnceleme ve Düzenleme, Denetim.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Kaynaklar

- Adiloğlu, S., Eryılmaz Açıkgoz, F., Solmaz, Y., Çaktü, E., & Adiloğlu, A. (2018). Effect of vermicompost on the growth and yield of lettuce plant (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *International Journal of Plant & Soil Science*, 21(1), 1-5. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2018/37574>
- Akbay, F. (2012). Farklı azot dozlarında yetiştirilen marulda (*Lactuca sativa* L.) *paenibacillus polymyxa* uygulamalarının verim, bitki gelişimi ve besin elementi içeriğine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Alcaide, E. M., Ruiz, D. Y., Moumen, A., & Garcia, A. M. (2003). Ruminant degradability and in vitro intestinal digestibility of sunflower meal and in vitro digestibility of olive by-products supplemented with urea or sunflower meal: comparison between goats and sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 110(1-4), 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2003.08.002>
- Alexander, M. (2000). Aging, bioavailability, and overestimation of risk from environmental pollutants. *Environmental science & technology*, 34(20), 4259-4265. <https://doi.org/10.1021/es001069>
- Anonymous. (1978). Torf für gartenbau und landwirtschaft (DIN 11542).
- Ali, M., Griffiths, A. J., Williams, K. P., & Jones, D. L. (2007). Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology*, 43, 316-319. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.045>
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., & Bierman, P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, 97(6), 831-840. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016>
- Aslam, Z., Bashir, S., Hassan, W., Bellitürk, K., Ahmad, N., Niazi, N. K., Khan, A., Khan, M. I., Chen, Z., & Maitah, M. (2019). Unveiling the efficiency of vermicompost derived from different biowastes on wheat (*Triticum aestivum* L.) plant growth and soil health. *Agronomy*, 9(12), 791. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120791>
- Ayhan, H., & Kulaz, H. (2016). Peynir altı suyu ve zeytinyağı atıklarının tarımda gübreleme amaçlı kullanılabilirliği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (1), 311-316. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.280212>



- Bellitürk, K. (2016). Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermicompost teknolojisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 1-5.
- Bilgi, A. (2009). Bazı Hümik, Fulvik ve Amino Asit İçerikli Maddelerin Sera Marul (*Lactuca Sativa var. longifolia cv. Bitez F1*) Üretiminde Verim ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Brito, L. M., Monteiro, J. M., Mourão, I., & Coutinho, J. (2014). Organic lettuce growth and nutrient uptake response to lime, compost and rock phosphate. *Journal of Plant Nutrition*, 37(7), 1002-1011. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881858>
- Bunning, M. L., Kendall, P. A., Stone, M. B., Stonaker, F. H., & Stushnoff, C. (2010). Effects of seasonal variation on sensory properties and total phenolic content of 5 lettuce cultivars. *Journal of Food Science*, 75(3), 156-161. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01533.x>
- Çağlar, S. (2014). Fındık zuruf kompostu ve çay kompostu karışımlarının kıvrıkcık marulda (*Lactuca sativa L. var. crispata*) verim ve kaliteye etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Cayuela, M. L., Sánchez-Monedero, M. A., & Roig, A. (2010). Two-phase olive mill waste composting: enhancement of the composting rate and compost quality by grape stalks addition. *Biodegradation*, 21, 465-473. <https://doi.org/10.1007/s10532-009-9316-5>
- Chaoui, H. I., Zibilske, L. M., & Ohno, T. (2003). Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(2), 295-302. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00279-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00279-1)
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., & Yaşın, S. (2011). Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea var. L.*) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Derim*, 28(1), 56-69.
- Demir, E., Polat, E., Sönmez, S., & Kaplan, M. (2001). Farklı organik gübre uygulamalarının marulda verim, kalite ve bitki besin maddeleri alımına etkileri. *Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu*, 69.
- Demir, H., Polat, E., & Sönmez, İ. (2010). Ülkemiz için yeni bir organik gübre: solucan gübresi. *Tarım Aktüel*, 14, 54-60.
- Dominguez, J., Aira, M., & Gómez-Brandón, M. (2010). Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. *Microbes at work: from wastes to resources*, 93-114. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6_5)
- Durak, A., Altuntaş, Ö., Kutsal, İ. K., Işık, R., & Karaat, F. E. (2017). The effects of vermicompost on yield and some growth parameters of lettuce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(12), 1566-1570. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1566-1570.1461>.
- Eryüksel, S. (2016). Farklı oranlarda vermicompost uygulamasının bazı sebzelerin besin elementi içeriklerine olan etkileri. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Eşiyok D, Okur B, Tuncay Ö, Yağmur B, Uğur, A. (2006). Roka ve terede toplam glukozinolat miktarlarının ekim zamanı ve gübre formlarıyla değişiminin saptanması üzerinde araştırmalar. TÜBİTAK Projesi No:2006-206.
- Frasetya, B., Harisman, K., Maulid, S., & Ginandjar, S. (2019). The effect of vermicompost application on the growth of lettuce plant (*Lactuca sativa L.*). *In Journal of Physics: Conference Series*, 1402 (3), 033050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033050>
- Göçmez, S. (2013). Karasu kekinin vermicompost üretiminde kullanım olanakları. *Tema Vakfı Ulusal Vermikültür Çalıştayı*, 16, 40-51.
- Hachicha, S., Chtourou, M., Medhioub, K., & Ammar, E. (2006). Compost of poultry manure and olive mill wastes as an alternative fertilizer. *Agronomy for Sustainable Development*, 26(2), 135-142. <https://doi.org/10.1051/agro:2006005>
- Hashemimajid, K., Kalbasi, M., Golchin, A., & Shariatmadari, H. (2004). Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*, 27(6), 1107-1123. <https://doi.org/10.1081/PLN-120037538>
- Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., & Sánchez, E. (2010). Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 583-589. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000400008>
- Hınıslı, N. (2014). Vermikompost gübresinin kıvrıkcık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerle karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- ISO (International Organization for Standardization), (2008). Soil quality—Avoidance test for evaluating the quality of soils and the toxicity of chemicals. *Test with Earthworms (Eisenia fetida/andrei)*. ISO 17512-1, Geneva, Switzerland.
- Jones, J. B., Wolf, B., & Mills, H.A. (1991). Methods of plant analysis and interpretation. *Plant Analysis Handbook*, p. 1-213. Micro-Macro Publishing Inc. USA.
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). Bitki Analizleri (2. Baskı). Nobel Yayınları, (1241), 123- 169.

- Kacar, B., & Kovancı, İ. (1982). Bitki, Toprak ve Gübrelerde Kimyasal Fosfor Analizleri ve Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, (354), 352.
- Kacar, B. (1995). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Yayın No:3 Ankara.
- Kacar, B., & Katkat, V. A. (2015). Bitki Besleme Kitabı. Nobel Yayın No: 1219, Ankara s.659.
- Karademir, S. (2019). Farklı oranlarda vermicompost uygulamalarının marulda (*Lactuca sativa* L.) bitki gelişimi, kalite özellikleri ve besin elementi içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kapellakis, I. E., Tsagarakis, K. P., & Crowther, J. C. (2008). Olive oil history, production and by-product management. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 7, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s11157-007-9120-9>
- Keser, O., & Bilal, T. (2010). Zeytin sanayi yan ürünlerinin hayvan beslemede kullanım olanakları. *Hayvansal Üretim*, 51(1), 64-72.
- Kostas, E. T., Durán-Jiménez, G., Shepherd, B. J., Meredith, W., Stevens, L. A., Williams, O. S., Lye, G. J., & Robinson, J. P. (2020). Microwave pyrolysis of olive pomace for bio-oil and bio-char production. *Chemical Engineering Journal*, 387, 123404. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123404>
- Kul, R. (2014). Balık gübresi, mineral gübre ve kombinasyonlarının marulda (*Lactuca sativa* L.) bitki gelişimi ve besin elementi içeriği üzerine etkisi, (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Martins, T. C., Machado, R. M., Alves-Pereira, I., Ferreira, R., & Gruda, N. S. (2023). Coir-based growing media with municipal compost and biochar and their impacts on growth and some quality parameters in lettuce seedlings. *Horticulturae*, 9(1), 105. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010105>
- Mou, B. (2008). Lettuce. *Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*, 75-116. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_3)
- Nunes, M.A., Pimentel, F.B., Costa, A.S.G., Alves, R.C., & Oliveira, M.B.P.P. (2016). Olive byproducts for functional and food applications: challenging opportunities to face environmental constraints. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35, 139-148.
- Özen, N. (2018). Marul bitkisinin verim ve kalitesi üzerine farklı mineralizasyon oranlarına sahip organik uygulamaların etkileri, (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Polat, E., Onus, A., & Demir, H. (2004). Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 17(2), 149-154.
- Rehman, S. U., De Castro, F., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy*, 13(4), 1134.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils agriculture handbook*, 120. US Government Printing Office, US.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Solak, F. T. (2016). Çanak kale şartlarında tarla ve tünel altında kıvrıkcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştirme olanakları. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Stancheva, I., & Mitova, I. (2002). Effects of different sources and fertilizer rates on the lettuce yield and quality under controlled conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 8(2), 157-160.
- Tavali, I. E., Maltaş, A. Ş., Uz, I., & Kaplan, M. (2013). The effect of vermicompost on yield, quality and nutritional status of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 115-120.
- TÜİK, (2022). Bitkisel üretim istatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr>, (Erişim tarihi: 28.10.2024)
- Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1974). Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayınlar Serisi*, 11 . Ankara.
- Uma, B., & Malathi, M. (2009). Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of *Amaranthus* species. *Res J Agric Biol Sci*, 5(6), 1054-1060.
- Yılmaz, O., Doğuş, İ., & Yılmaz, Z. S. (2017). Kırmızı solucan gübresi kimyevi gübreye alternatif olabilir mi? *In 1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Proceedings Book*, 2(4), 246-247.