

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**PIRİNADAN ELDE EDİLMİŞ KOMPOST VE
VERMİKOMPOSTUN MARUL BİTKİSİNİN MİNERAL
BESLENMESİNE VE GELİŞİMİNE ETKİSİ**

Muvahhid KILIÇARSLAN

**Danışman
Prof. Dr. Ali COŞKAN**

ISPARTA - 2023



© 2023 [Muvahhid KILIÇARSLAN]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

25/10/2023

Muvahhid KILIÇARSLAN

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Zeytin Posası (Pirina).....	3
2.1.1. Zeytinyağı üretim aşamaları.....	3
2.1.2. Pirinanın kullanım alanları.....	6
2.1.3. Pirinanın çevreye olumsuz etkisi	8
2.1.4. Pirinanın fenol içeriği.....	10
2.2. Solucan Gübresi	11
2.2.1. Solucan gübresinin bitki beslenmesine etkisi	13
2.2.2. Solucan gübresinin hormonal hastalıkları bastırmaya etkisi.....	14
2.2.3. Solucan gübresinin organik maddeye katkısı.....	15
2.3. Marul Bitkisi	16
2.3.1. Marul bitkisinin insan beslenmesindeki yeri.....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Materyal	20
3.1.1. Deneme toprağı	20
3.1.2. Denemede kullanılan organik materyaller	21
3.1.3. Deneme bitkisi	21
3.1.4. Denemede kullanılan solucan	21
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. Deneme planı	21
3.2.2. Kompost ve vermikompost eldesi.....	22
3.2.3. Solucan kaçınma testi.....	25
3.2.4. Gözlem, ölçüm ve analiz yöntemleri	26
3.2.5. Toprak analizleri	26
3.2.6. Bitkilerin mineral madde içeriklerinin belirlenmesi	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Fenolik Madde İçeriği	30
4.2. Yaş ve Kuru Ağırlık	32
4.3. Yaprak Boyu, Yaprak Eni, Kroma, HUE ve SPAD Ölçümleri	35
4.4. Seçilen Bazı Makro Elementlerin Bitkideki Konsantrasyonları	39
4.5. Seçilen Bazı Mikro Elementlerin Bitkideki Konsantrasyonları.....	42
4.6. Belirlenen Parametreler Arasındaki İlişkiler.....	44
4.7. Hasat Sonrası Toprakta Belirlenen Makro ve Mikro Element Konsantrasyonları	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	61

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PİRİNADAN ELDE EDİLMİŞ KOMPOST VE VERMİKOMPOSTUN MARUL BİTKİSİNİN MİNERAL BESLENMESİNE VE GELİŞİMİNE ETKİSİ

Muvahhid KILIÇARSLAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali COŞKAN

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 olarak bir saksı denemesi yürütülmüştür. Bu amaçla %50 pirina, %45 hayvan gübresi ve %5 dolomit karıştırılmış, karışımdan 2 adet birer kg tartılmış, birine 150 adet *Eisenia fetida* aşılantısı (vermikompost), diğeri olduğu gibi bırakılmış (kompost) ve her ikisi 69 gün süreyle laboratuvar koşullarında inkübe edilmiştir. Sürenin sonunda elde edilen vermikompost ve kompost, 0, 1000, 2000 ve 3000 kg da⁻¹ dozlarında toprağa karıştırılmış, saksılara yerleştirilen topraklar üzerinde marul bitkisi yetiştirilmiştir.

Deneme sonuçları, karışımdaki fenolik madde miktarının azaltılmasında solucanların daha etkili olduğunu gösterse de bu etkinin istatistiki olarak etkili 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 belirlenen fosfor konsantrasyonu kompost uygulamasında daha yüksek bulunurken Zn ve Mn konsantrasyonu vermikompost uygulamasında daha yüksek olmuştur. Hasat sonrasında toprakta kalan besin elementleri incelendiğinde, özellikle 4000 kg da⁻¹ dozunda kontrolden oldukça yüksek düzeylerde besin elementi kaldığı belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, denemede belirlenen karışım oranları kullanılarak elde edilecek vermikompostun 1000 ve 2000 kg da⁻¹ dozunun marul yetiştiriciliğinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pirina, Vermikompost, Kompost, Fenolik madde, Marul

2023, 61 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

THE EFFECT OF VERMICOMPOST OBTAINED FROM POMACE ON THE GROWTH OF LETTUCE AND PLANT NUTRIENT UPTAKE

Muvahhid KILIÇARSLAN

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Ali COŞKAN

The byproduct of the manufacture of olive oil, called pomace, may harm the environment because of the phenolic chemicals it contains and the significant increase in chemical oxygen demand it causes in the receiving environment. A pot experiment was carried out to evaluate pomace use possibilities for agricultural purposes. For this purpose, 50% pomace, 45% animal manure and 5% dolomite were mixed, the mixture were weighed one kg each, one was inoculated with 150 *Eisenia fetida* (vermicompost), the other was left as it was (compost) and both were incubated under laboratory conditions for 69 days. The vermicompost and compost obtained at the end of the period were incorporated to the soil at doses of 0, 10, 20 and 30 t ha⁻¹ and lettuce plants were grown on the soils placed in pots.

Although the results of the experiment showed that the earthworms were more effective in reducing the phenolic matter content of the initial mixture, this effect was not statistically significant. However, the acquisition of phenolic compounds from substrates to lettuce plants was 45% higher in compost application which indicates vermicompost reduced the transition of phenolic compounds to the plant. There was no difference between vermicompost and compost in lettuce yield ($p < 0.05$). Phosphorus concentration in the plant was higher in the compost treatment, while Zn and Mn concentrations were higher in the vermicompost. When the nutrients remaining in the soil after harvesting were evaluated, it was determined that nutrient levels were considerably higher than the control, especially at 40 t ha⁻¹ dose. Based on the overall results it was concluded that the 10 and 20 t ha⁻¹ doses of vermicompost may be used on lettuce cultivation.

Key Words: Olive pomace, Vermicompost, Compost, Phenolic substance, Lettuce

2023, 61 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin y¼r¼t¼lmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danıőmanım sayın Prof. Dr. Ali COŞKAN'a teőekk¼rlerimi sunarım.

Tezimin her aőamasında beni yalnız bırakmayan anneme ve babama sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Muvahhid KILIçARSLAN
ISPARTA, 2023



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Zeytinyağı eldesinde ana işlemler.....	4
Şekil 2.2. Zeytinyağı üretim fazları.....	6
Şekil 3.1. Saksılara dikilen marul fidelerinin genel görünümü.....	22
Şekil 3.2. Başlangıç materyalinin hazırlanmasından bir görünüm	24
Şekil 3.3. Solucanların aşılmasından görüntüler	25
Şekil 3.4. Hasat görüntüsü	26
Şekil 3.5. Yaprak en ve boy ölçümlerinden görüntüler	28
Şekil 3.6. Yaprak renk ölçüm cihazı	29
Şekil 3.7. Klorofil ölçüm değeri.....	29
Şekil 4.1. Kompostlama süresince organik materyallerde belirlenen fenolik madde içerikleri	30



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Zeytin atığı mineral değeri.....	9
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın temel özellikleri.....	20
Çizelge 3.2. Deneme planı	22
Çizelge 4.1. Bitki örneklerinin fenolik madde içerikleri (mg GAE g ⁻¹)	31
Çizelge 4.2. bitki yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	33
Çizelge 4.3. Yeşil ve kök aksamalarının kuru ağırlıkları.....	33
Çizelge 4.4. Marul yaprağının boy ve en ölçüm sonuçları	36
Çizelge 4.5. Belirlenen Kroma, HUE ve SPAD değerleri	37
Çizelge 4.6. Bitkide belirlenen N, P, K ve Mg konsantrasyonları	39
Çizelge 4.7. Bitkide belirlenen Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları	42
Çizelge 4.8. Denemede belirlenen parametreler arasındaki ilişkiler.....	45
Çizelge 4.9. Hasat sonrası toprakta belirlenen N, P, K ve Mg konsantrasyonları	47
Çizelge 4.10. Hasat sonrası toprakta belirlenen Fe, Zn, Mn, Cu konsantrasyonları ..	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ca	Kalsiyum
Cu	Bakır
Fe	Demir
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
K	Kompost
K	Potasyum
Kg	Kilogram
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
VK	Vermikompost
Zn	Çinko



1. GİRİŞ

Zeytin ağacı, dünya üzerinde en eski bitkilerden biri olarak bilinmektedir. Geçmişten günümüze barışın ve dostluğun simgesi olmuştur. Zeytinin gerçek anavatanı tam bilinmemekle birlikte Suriye veya muhtemel Sahra Altı Afrika olduğu düşünülmektedir (Vossen, 2007). Zeytin ağacının kültür bitkisine dönüşümü M.Ö. 4000 yıllarında gerçekleşmiş, ancak yaklaşık 1500-2000 yıl kadar sonra sıklıkla zeytinyağına dönüştürülmüştür (Kapellakis vd., 2008).

Günümüzde Dünya nüfusu hızla artmaktadır. Bu artışa bağlı olarak evsel, endüstriyel atıklar ve atıklarda aynı hızda artış meydana gelmektedir. Bu atıklardan birisi de ülkemizde çok fazla yetiştiriciliği yapılan zeytin bitkisinin sıkım prosesi sonucu ortaya çıkan ve zeytin pürnası olarak adlandırılan organik atıktır. TÜİK verilerine göre yıllık yaklaşık 2 976 000 ton zeytin üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretilen bu zeytinlerin 938 217 tonu sofralık olarak ayrılmaktadır. Geriye kalan 2 037 783 tonu ise yağlık olarak kullanılmaktadır (TÜİK, 2022).

Dünyada genellikle zeytin üretimi İtalya, Yunanistan ve İspanya gibi Akdeniz ülkelerinde yaygın şekilde yapılmaktadır. Ülkemizde ise zeytin üretimi özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde daha fazladır. Zeytin periyodisite gösterir bu yüzden üretiminde dalgalanmalar meydana gelmektedir. Ancak genel olarak zeytin üretimi bakımından en yoğun olan iller İzmir, Aydın ve Muğla'dır. Ülkemizde 2004 yılından beri zeytin ağacı sayısında artış görülmektedir (Karaca ve Aydın, 2023).

Zeytin atıklarının evsel atıklar sebebiyle oluşan atık sudan 400 kat daha fazla kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) vardır. Yani zeytin atıklarının oluşturduğu organik kirlilik 1000 kişinin 1 günde oluşturduğu evsel atık suya eşdeğerdir. 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 pürnasın bir yandan toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştireceği, diğer yandan çevre ve toprak sağlığına olumsuz etkide bulunmayacağı değerlendirilmektedir.

Zeytin atıkları içerisinde yüksek oranda toplam fenolik madde bulunmaktadır. Bu atıkların fitotoksik etkileri vardır. Bu sebeple tarım alanlarında direk kullanımı topraklar üzerinde büyük zararlar oluşturma potansiyelindedir. Zeytin atıklarının toprağa direk uygulanması yer altı su kaynaklarında fenolik içeriğin artması suretiyle kirliliğe neden olabilmektedir (Hachicha vd., 2006).

Zeytin atıklarındaki toplam fenolik madde ve fitotoksik kirliliğini ortadan kaldırmak için son yıllarda yasal düzenlemeler getirilmiştir. Yapılan bir çalışmada lagünlerde buharlaştırma yöntemi ile kurutulan zeytin atıkları ile solucanlar kullanarak vermikompost üretilmiş, çalışmada değişik yüzdelerde zeytin atığı + organik gübre + çırçır atığı ortamı hazırlanmış ve solucanların en sevdiği ortam aranmıştır. Sonuçta solucanlar için en uygun ortamın %40 zeytin pirinası + %20 organik gübre + %20 çırçır atığı ortamında olduğu bulunmuştur. Çalışmada, ortamdaki solucan varlığının arttığı, ayrıca vermikompost işleminden önceki kimyasal içerik ile vermikompost sonrası kimyasal değerlerde de önemli farklılıklar meydana geldiği bildirilmiştir (Göçmez, 2013). Bu çalışmadan elde edilen sonuçları Hachicha vd. (2006), bir adım öteye taşımış ve zeytin atıklarından vermikompost elde edildikten sonra tarımda daha etkin kullanılabilmesinin önü açılmıştır.

Bu tez çalışmasında, zeytinyağı üretim atığı olan pirinanın toprak organik maddesini artırmada kullanılmasına yönelik olarak, pirina kullanılarak hazırlanan bir başlangıç materyalinden aynı zaman aralığında vermikompost ve kompost elde edilmesi planlanmıştır. Aynı başlangıç materyalinden yola çıkılarak elde edilecek vermikompost ve kompost materyalleri arasında, fenolik madde içeriği, bu substratların ilave edildiği topraklarda yetiştirilecek marul bitkisine geçen fenolik madde miktarı, marulun verimi ve beslenme durumu ve hasat sonrası toprakta kalan besin elementi miktarı özelliklerinin en az birinde fark oluşacağı çalışmanın hipotezini oluşturmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Zeytin Posası (Pirina)

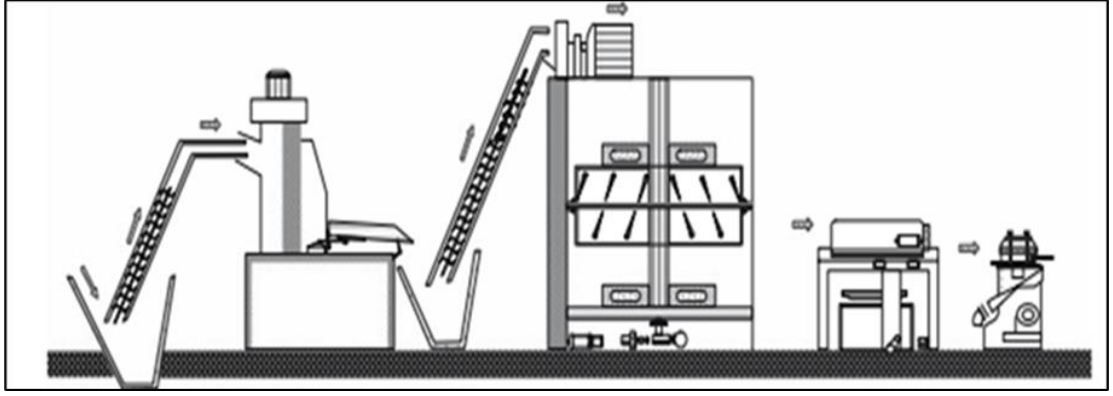
Pirina, zeytinyağı üretilirken zeytinin sıkılması sonrası arta kalan katı atığa denilmektedir. Bu katı atık yüksek organik yüke sahiptir ve fenolik madde içermektedir. Bu posa çekirdek, kabuk ve meyve etinden meydana gelmektedir. İçerisinde %70-75 kuru madde, %35-50 ham selüloz, %2-6 ham kül, %5-10 ham protein ve %8-15 ham yağ olduğu bildirilmiştir (Duru ve Kaya, 2015).

Zeytinyağı elde etmek için ortalama olarak 100 kg zeytinden 14-20 kg zeytinyağı, 35-45 kg pirina; 100 kg zeytin pirinasından ise yaklaşık olarak 6,0-7,5 kg zeytin pirina yağı ve 75-80 kg kuru halde zeytin pirinası elde edilmektedir. Sonuçta 100 kg yağlık zeytinden yaklaşık olarak 30 kg pirina meydana geldiği bildirilmektedir (Anonim, 2022).

Zeytin katı atığında (pirina) biofenollerin analizi ve biyolojik aktivite üzerine etkisi ile ilgili yapılan araştırmada, pirinanın polifenoller bakımından zengin olduğu ve zeytinin meyvesindeki toplam fenollerin %98'ini içerdiğini belirtilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde ise ana fenolik bileşenlerin tyrosol, hydroxytyrosol oleuropein ve caffeic acid olduğu sonucuna varıldığı bildirilmektedir (Obied vd., 2005).

2.1.1. Zeytinyağı üretim aşamaları

Zeytinyağı elde etmek için gereken ana işlemler şunlardır: yaprak alma ve yıkama, kırma, karıştırma, zeytinyağını ayırma ve yağı santrifüjleme. Ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak üç farklı sistem mevcuttur bunlar: (a) basınç, (b) santrifüjleme ve (c) seçici filtrasyon işlemi (perkolasyon). Ana işlemler Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Zeytinyağı eldesinde ana işlemler (Kapellakis vd., 2008)

Yaprak alma ve yıkama

Zeytinler bahçelerden toplandıktan sonra hareketli bir kayışa bağlı büyük bir besleme hunisinde yaprakların ayıklanması ve yıkanması gerekir. Zeytindeki tüm yabancı maddeler makineye zarar verebileceğinden ve ürünü kirleteceğinden dolayı uzaklaştırılır. Yaprakların varlığı yağa acı bir tat verir.

Ezme

Zeytin meyvesinin işlenmesinde ilk ana adımdır. Ezmenin amacı, yağın vakuollerden salınmasını kolaylaştırmak içindir. İçinde iki veya üç ağırlık olan büyük bir kâsedan oluşur. Tekerlekler yüksek hızlarda dönerek zeytinleri ezerler.

Karıştırma

Zeytin meyvesi ezildikten sonra elde edilen macun karıştırılır. Bu işleme karıştırma veya malaksasyon da denir. Zeytin ezmesinin yaklaşık 30 dakika boyunca yavaş ve sürekli olarak karıştırılması gerekir. İşlemin amacı mevcut yağ içeriğinin alınabilirliğini artırmaktır. Aynı zamanda küçük yağ damlalarının daha büyük damlalara dönüşmesine yardımcı olur, böylece yağ ve su fazlarının ayrılmasını kolaylaştırır (Kapellakis vd., 2008).

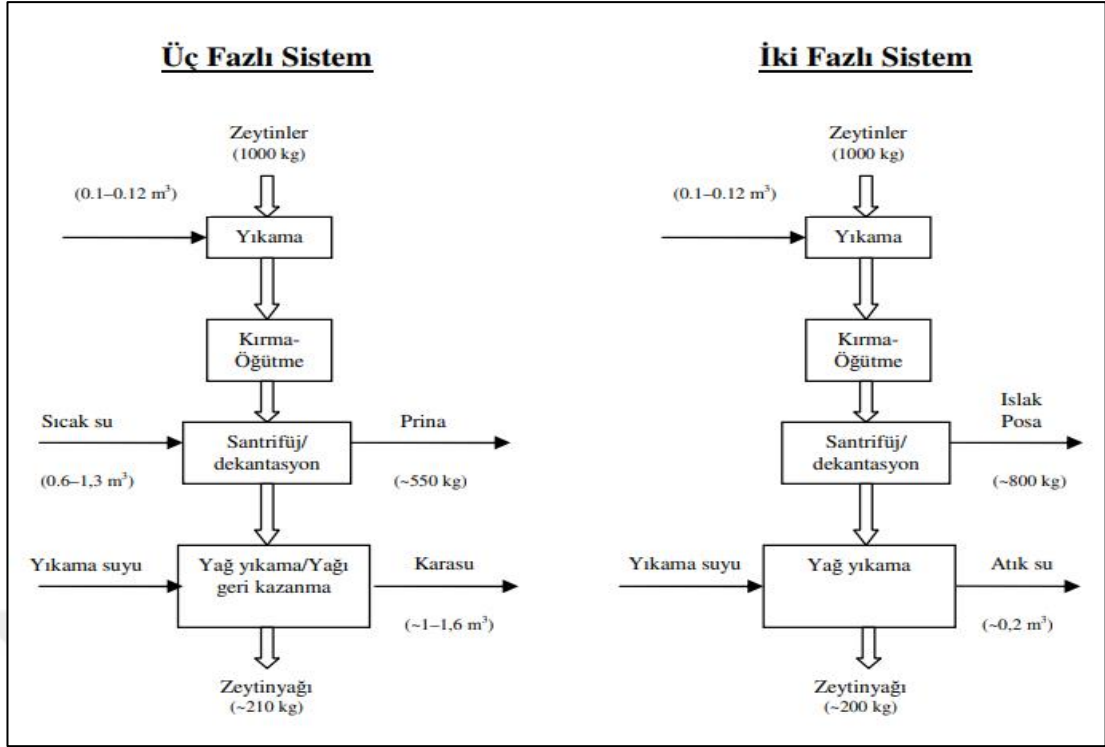
Zeytinyağı üretiminde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde modern yöntemler bulunmasına rağmen hala bazı işletmelerde geleneksel (kesikli) yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde zeytinler pres uygulaması ile ekstraksiyon edilir.

Ortaya yan ürün olarak zeytin posası yani pirina ve zeytin karasuyu çıkmaktadır. Ancak günümüzde daha modern (sürekli) olan iki fazlı ve üç fazlı olmak üzere iki ekstraksiyon sistemi olduğu bildirilmiştir (Tercan, 2009).

Geleneksel zeytinyağı üretim sistemine kesikli, modern zeytinyağı üretim sistemine ise sürekli denmesinin nedeni sürekli sistemde zeytinin fabrikaya gelişinden itibaren zeytinyağına dönüşmesine kadar geçen tüm süreçlerde hiç kesinti meydana gelmeden gerçekleşmesidir (Bakırlıoğlu, 2006).

Geleneksel zeytinyağı çıkarma işleminde iş gücü ve maliyeti yüksek olmakla birlikte modern yağ çıkarım yöntemlerine göre daha fazla çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu yöntemde ağır ve dik olan taş değirmenlerde zeytin ezilip hamur kıvamına getirilir. Hamur kıvamına gelmiş zeytin, Hindistan cevizi liflerinden elde edilmiş koko torbalarına konur ve pres yapılarak sıkılır. Zeytinyağı çıkarma işleminde hem klasik hem de modern yöntemlerde sıcaklığın 35°C'yi geçmemesi gerekir. Ancak geleneksel yöntemde sıkım işlemi 50 – 60°C sıcaklıklarda yapılmaktadır. Bunun sonucunda yağ oksidasyona uğramaktadır ve kalitesinin düştüğü bildirilmektedir (Oktar vd., 1983).

Modern (sürekli) yağ çıkarma işlemleri üç fazlı ve iki fazlı ekstraksiyon sistemleri olarak iki gruba ayrılabilir (Şekil 2.2). Üç fazlı ekstraksiyon sisteminde katı olarak zeytin kabuğu, zeytin posası; sıvı olarak ise yağ ve atık su çıkmaktadır (Albuquerque vd., 2004). Üç fazlı sistemin geleneksel sisteme göre daha iyi yağ kalitesine ve daha az alana sahip olma gibi avantajları vardır. Ancak üç fazlı ekstraksiyon yönteminde iki fazlı ekstraksiyon yöntemine göre sisteme ilave su eklenmesinden kaynaklı daha çok karasu çıkmaktadır. Bu da çevre için sorun oluşturmaktadır. İki fazlı ekstraksiyon yönteminde bir dekantör sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem sayesinde su tasarrufu sağlanmakta, daha az atıksu çıkarmakta ve çevre açısından daha az kirletici etkiye sahip olmaktadır. Günümüzde daha yaygın kullanılan sistem iki fazlı ekstraksiyon yöntemidir. İki fazlı ekstraksiyon sisteminin dezavantajı ise daha fazla pirina oluşmakta ve aynı zamanda oluşan pirina daha ıslak halde bulunmaktadır. Bu nedenle pirinanın işlenmesinin daha zor olduğu bildirilmiştir (Ranelli ve Martinelli, 1995).



Şekil 2.1. Zeytinyağı üretim fazları

2.1.2. Pirinanın kullanım alanları

Günümüzde her yıl binlerce ton pirina ortaya çıkmaktadır. Bir çalışmada pirinanın, bitki büyümesinde kullanılabilme olanaklarının araştırılması amacı ile sıcak ve ılıman bölgelerde ekimi yaygın olarak yapılan Bermuda çimi, yengeç otu, kara çim, köpek dişi ayrığı gibi bitkilere değişik oranlarda pirina uygulanmış bitki gelişimlerine, bitki besin elementi miktarına etkisi (azot ve fosfor) incelenmiştir. Çalışma doğrultusunda ise ½ oranında kum ve zeytin pirinası karışımının olduğu yetiştirme ortamında, çim türleri arasında en yüksek azot değeri 5225 mg/l ile köpek dişi ayrığı bitkisinde, en yüksek fosfor ise 96.5 mg/l olarak yine köpek dişi ayrığı bitkisinde görülmüştür. Azot ve fosfor tutulması yönüyle de daha iyi bir sonuç alındığı bildirilmiştir (Öcal, 2005). Bu çalışma pirinanın tarımda kullanımının faydalı olacağını göstermektedir.

Ürdün’de zeytin atıklarının her geçen gün artması sebebiyle pirinayı değerlendirme amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Yapılan çalışmada zeytin atığını (pirina) 550°C’de yakılıp toprak stabilizatörü olarak kullanması amaçlamışlardır. Ağırlıkça, kontrol, %2.5, %5.0 ve %7.5 olacak şekilde karışım hazırlamışlardır. Proktor yoğunluğu ve şişme büzülme basıncı testleri gibi testler yapmışlardır. Bu testler

sonucunda ise %2.5 zeytin dozunun basınç dayanımını artırdığı ve %7.5 oranındaki dozun ise şişme basıncını en aza indirdiği bulunmuştur (Attom ve Al-Sharif, 1998).

Zeytin atığının hayvan yemi olarak kullanımı ile yapılan çalışmalarda pirinanın hayvan yemi olarak kullanılması için bazı işlemlerden geçmesi gerektiği görülmüştür. Bu işlemler de zor ve uğraştırıcıdır. Halihazırda pirina, yem sektöründe kullanılan diğer organik atıklar kadar kullanılmamaktadır. Örneğin patates kabuğu, pancar küspesi kadar yem sanayine entegre değildir. Zeytin pirinasının kullanılmasında oluşabilecek sorunlar şöyledir; çok az protein içermektedir, yüksek enerji kaynağıdır ancak hayvanların toplam rasyonda yiyeceği yem oranını azaltır, ayrıca içerisinde hayvanlar için zararlı olan fitosteroller bulundurduğu bildirilmektedir (Alcaide vd., 2003).

Pirinanın özellikle kanatlı hayvan yemi olarak kullanılması için lignin ve selüloz miktarını düşürmek gereklidir. Yani zeytin çekirdeklerinin ayıklanmasının gerekli olduğu bildirilmiştir (Amici vd., 1991). Yapılan çalışmalarda genellikle zeytin pirinasının Akdeniz iklim bölgelerinde meranın az olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda sadece ana ürüne destek olarak verilebileceği bildirilmiştir (Keser ve Bilal, 2010). Tüm bunlar ışığında pirinanın hayvan yemi olarak kullanılmasında önemli bir verim artışına sebep olmadığı görülmektedir.

Pirinanın değerlendirilmesinin yollarından birisi de bu organik atığın farklı derecelerde sıcaklığa maruz bırakarak biyokömür şekline dönüşmelerini sağlamaktır. Dünya üzerinde hali hazırda birçok çiftçi zeytin atıklarını belirli işlemlere tabi tutarak kiremit ve tuğla yapmaktadır. Ayrıca kilden yapılmış büyük ocaklar kullanarak pirinayı yakmışlar ve pirina biyokömürü elde etmişlerdir. Bu biyokömürü de belirli alanlarda ateşi destekleyici eleman olarak kullanmışlardır. Fakat pirina bu ocaklarda yakılırken atmosfere hidrokarbon salınımı fazla olmaktadır. Bu hidrokarbonlarda hem hava kirliliğine hem de küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Ayrıca hidrokarbonlar, topraklarda zamanla toksisiteye neden olmaktadır. Günümüzde; bu işlemler sırasında havaya karışan karbon oranını azaltacak olan piroliz yöntemi mevcuttur. Bu yöntemle atmosfere karbon salınımını ve diğer havayı kirletici yan ürünlerin miktarı azaltılır. Ancak yöntemin kullanılması için gerekli olan alet ekipmanların bazı özel firmalar tarafından üretilmesi ve fiyatların yüksek olmasından kaynaklı bu yöntemin yaygın

olarak kullanılması pek mümkün görülmemektedir (Alexander, 1995). Bu noktada pirina atığından yararlanma açısından iyi bir yöntem gibi görülen biyokömür yöntemi atmosferi daha fazla kirletmektedir. Bu sebeple daha doğal ve zararsız bir şekilde pirina atığı değerlendirilmelidir.

2.1.3. Pirinanın çevreye olumsuz etkisi

Zeytin atıklarının en önemli sorunlarından biri, atığın yılın sadece kısa bir döneminde birikmesi ve bertaraf süreci maliyetinin fazla olmasıdır. Süreci kolaylaştırmak için, zeytin üretiminden kaynaklanan atıklar genellikle düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmesi gerekir. Ancak atıklar en yakın göllere, nehirlere veya denizlere boşaltılmakta ve lagünlerde depolanıp buharlaştırılmaktadır. Bu gelişigüzel depolamanın beraberinde kirlilik getirdiği bildirilmiştir (Kostas vd., 2020).

Zeytin atıklarının doğaya rastgele şekilde bırakılmasının çevre üzerine olumsuz etkileri vardır. Bunlar toprak kirliliği, kötü koku, yığılan alanlarda bitkilerin büyüme ve gelişmesine engel olma, yer altı suları ve doğal akarsular üzerinde olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir (Komnitsas vd., 2016).

Zeytin atıklarının; yüksek organik yük ve organo-halojenli kirleticiler, yağ asitleri, fenolik bileşikler ve tanenler de dahil olmak üzere çok çeşitli çevreyi kirletici maddeler bulundurması nedeniyle tarımsal gıda endüstrileri tarafından üretilen doğayı en kirletici atık sülardan bir tanesi olduğu bildirilmiştir (Ntougias vd., 2013).

Zeytin atıkları içeriği temel olarak minerallerden oluşmaktadır. Bazı kaynaklarda geçen zeytin atığı mineral içerikleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir. İçeriğindeki bakır, demir, çinko gibi mineraller bitki metabolizması açısından etkilidir ancak bu mineral içeriklerin toksikolojisi açısından da önemli olduğu bildirilmiştir (Soilem vd., 2017). Bu noktada zeytin atığının kirletici etkisi kontrol altına alındığı takdirde tarımda gübre olarak da kullanım potansiyeli artırılabilir.

Çizelge 2.1. Zeytin atığı mineral değeri (Soilem vd., 2017)

Element	Birim	(Mekki vd., 2006)	(Karpouzas vd., 2010)	(Moraetis vd., 2011)	(Danellakis vd., 2011)	(Piotrowska vd., 2011)	Aralık Değerleri
Pb	µg/L	-	-	6.7	10	-	6.7-10
Cd	µg/L	-	-	0.03	1	-	0.03-1
Fe	mg/L	23	6.5	-	8.88	20	6.05-23
Zn	mg/L	-	3.4	2.94	4.98	-	2.94-4,98
Cu	mg/L	-	2.4	-	2.96	-	2.4-2.96
Mn	mg/L	-	0.9	1.61	2.7	20	0.9-20
Mg	g/L	0.19	0.12	0.11	0.11	0.03	0.03-0.19
Ca	g/L	0.9	1.1	0.15	0.29	0.03	0.03-1.1
K	g/L	8.6	6.1	4.22	0.73	3.47	0.73-8.6
Na	g/L	0.8	0.07	-	0.15	0.05	0.05-0.8

Zeytin atıklarının bilinçsizce atılması durumunda atmosfer üzerinde olumsuz etkileri vardır. Zeytin atığı içindeki organik bileşikler ve uçucu organik asitler gaz emisyonlarına yol açarak önemli koku şikâyetlerine yol açmaktadır. Zeytin atığı genellikle akarsulara, araziler üzerine veya kötü tasarlanmış olan buharlaştırma havuzlarına boşaltılmaktadır. Bu atık sular zamanla fermantasyona uğrar ve atmosfere fenolik bileşikler, sülfür dioksit ve hidrojen sülfür gibi keskin kokulu gazlar yaydığı bildirilmiştir (Lagoudianaki vd., 2003).

Atıkların depolandığı yerde yüksek oranda nem içeriğine sahip olan zeytin çekirdekleri özellikle bahar ve yaz aylarında kötü koku yaymaktadır. Zeytinin yağ bileşiklerinin, organik asitlerin (bütirik, kaproik, valerik ve izobütirik asitler) ve özellikle 4-etil fenol olmak üzere düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerin zeytin çekirdeği kokusunun ana kaynağı olduğu bildirilmiştir (Ruiz-Méndez vd., 2013).

Zeytin atıkları sucul yaşam ve su kaynakları üzerinde önemli etkilere yol açmaktadır. Bu etkiler temelde atığın konsantrasyonu, bileşimi ve mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. İlk etapta en görünür ve belirgin etki akarsu ve nehir gibi su kaynaklarının renginin bozulmasıdır. Renkteki bu değişimin sebebinin tanenlerin oksidasyonundan ve peşinden polimerize olarak koyu renkli fenoller vermesinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Niaounakis ve Halvadakis, 2006).

Zeytin atıkları yüksek miktarda indirgenmiş şeker içeriği nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi etkiler. Sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu düşürür bundan dolayı diğer canlı organizmaların su içindeki varlığını azaltır. Zeytin atıklarının sularda yaptığı diğer bozucu etkiler ise içerisindeki özellikle fosfor gibi minerallerden dolayı sularda alglerin varlığını artırır ve ötrofikasyon meydana getirerek doğal su kaynaklarının ekolojik dengesinin bozulmasına sebep oldukları bildirilmiştir (Soilem vd., 2017).

Pavlidou vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, zeytin atıklarının tatlı su ve deniz (Messiniakos Körfezi) gibi alanlara boşaltılmasının etkileri araştırılmıştır. Sonuçta tatlı su ve denizde nitrit, amonyak, fenoller, bakır, mangan, nikel ve toplam organik karbon bakımından zenginleşme görülmüştür. Çalışmada Palaemonidae karidesinin 24 saatlik LC₅₀ (test edilen popülasyonun yarısını öldürmek için yeterli doz) kullanılarak yapılan toksisite testinde zeytin atıklarının suya karıştığı ortamlarda çok yüksek oranda toksisite etkisine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Zeytin atıkları sucul yaşamın ekolojik durumuna etki etmektedir. Atık sudaki substrat kirliliği, suyun organik yükü, atığın atıldığı yerin suya olan uzaklığı, makro omurgasız canlı popülasyonunu etkileyen faktörlerdir. Ek olarak akarsu sahasının tipolojisi ve atık su hacmi kendi kendini arıtma süreçlerinin en önemli belirleyicisi olduğu belirtilmiştir (Karaouzas vd., 2011).

Literatürdeki çalışmalar ışığında, pirina ve zeytin karasuyunda önemli miktarda besin maddeleri, toplam fenolik madde, biokütle gibi bileşenleri bulundurması sebebiyle gelişigüzel doğaya bırakılmaması sonucuna varılmıştır. Ayrıca akarsu gibi su kaynaklarında biriktiği takdirde insanların bu suyla teması gerçekleşirse enfeksiyona yakalanma ihtimalleri yüksek olacaktır.

2.1.4. Pirinanın fenol içeriği

Zeytinyağı üretimi sırasında, üç fazlı üretim sisteminde %45-50 ve iki fazlı üretim sisteminde %65-70 pirina oluşmaktadır (Borja vd., 2002). 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).

Zeytin çekirdeği, içerisinde selüloz içeren lignoselülozik bir üründür. Ayrıca içerisinde önemli miktarlarda antioksidan içeren özelliklere sahip toplam fenolik maddelerde içermektedir (Moubarik ve Grimi, 2015).

Zeytin içerisinde, toplam fenolik maddeler tüm kısımlarda bulunur. Fakat konsantrasyonları bakımından farklılıklar söz konusudur. Zeytinde en belirgin fenolik bileşik oleuropeindir. Bu madde zeytine acı tadı veren maddedir. Diğer bitkilerde hiçbir meyvede acılığı veren bu maddenin olmadığı bildirilmektedir. Bu fenolik bileşik oleuropein sağlık açısından da son derece önemli bir maddedir. Bunlar antioksidan, antinflamatuar, antiaterojenik, antikanser, antimikrobiyal ve antiviral de dahil olmak üzere çeşitli farmalojik özelliği barındırır. Bundan dolayı Akdeniz ülkelerinde gıda takviyesi olarak ticari şekilde satılmaktadır (Omar, 2010).

2.2. Solucan Gübresi

Solucanların organik atık ve artıklarla uygun ortam koşullarında beslenerek kompostlaştırma işlemi sonucunda solucanların sindirim sistemlerinden geçmeleri ile elde edilen son ürüne vermikompost veya solucan gübresi denilmektedir. Vermikompost organik kökenli bir toprak düzenleyicisidir hem ticari hem de ekolojik yönden yüksek bir değere sahiptir. Sağlıklı tarımsal üretimin yapılmasını sağlayan vermikompost teknolojisi dünyanın pek çok ülkesinde yoğun bir şekilde yapılmakta ve kullanılmakta olduğu bildirilmektedir (Aslam vd., 2019).

Vermikompostun kimyasal gübrelere başvurmadan güvenli gıda üretimi için kullanılması, insan sağlığına ve ekosisteme zararı bulunmadığı bildirilmektedir (Adhikary, 2012).

Vermikompost üretimi amatör seviyede pek çok koşulda ve ortamlarda yapılabilmektedir. Ancak uygun yöntem ve yüksek teknoloji ile endüstriyel anlamda pazarlayabilmek için profesyonel şartlar gerektirir. Vermikompost üretimi için

belirtilen ve standart olarak metrekaare alan hesaplamalarıyla, ortamın kapalı olması şartıyla temiz ve kirli olarak ayrılmış beton zemin alanlar gereklidir. Üretim, ısıl işlem, kurutma, paketleme ve depolama alanları farklı bölümlerde olmalıdır. Solucan maması hazırlığında kompostlaştırma ve fermantasyon amacıyla aktarma işlemi esnasında kullanılacak olan açık alanda beton zemin zorunluluğu olduğu bildirilmektedir (Tunç, 2021).

Solucan gübresi; toprak solucanları ve mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlerden kaynaklanan, besin açısından zengin, mikrobiyolojik olarak aktif bir organik katkı maddesidir. Solucan gübresinin; düşük C:N oranına, yüksek gözenekliliğe ve yüksek su tutma kapasitesine sahip, besin maddelerinin çoğunun bitkiler tarafından kolayca alınabilecek formlarda bulunduğu, stabilize edilmiş, ince bölünmüş turba benzeri bir malzeme olduğu bildirilmiştir (Dominguez, 2004).

Normal kompostun aksine solucan gübresi organik maddelerin ilk ayrışmasının gerçekleştiği faz olan mezofilik faz koşulları altında üretilir. Mikroorganizmalar organik maddeyi biyokimyasal olarak parçalasa da toprak solucanları besinleri havalandırır ve parçalarlar böylece mikrobiyal aktiviteyi büyük ölçüde değiştirdikleri için süreci önemli bir hızlandırıcı güçleri vardır. Toprak solucanları mekanik karıştırıcılar olarak hareket eder. Organik maddeyi parçalayarak C:N oranını kademeli olarak azalır ve mikroorganizmaların maruz kaldığı yüzey alanını artırarak ortamın fiziksel, kimyasal durumunu değiştirirler. Böylece mikrobiyal aktivite ve daha fazla ayrışma için çok daha elverişli hale getirildiği bildirilmektedir (Dominguez vd., 2010).

Dünyada sulak alanların azalması beraberinde gelen su kıtlığındaki olası artış ve dengesiz hava olayları verimin azalmasına, düzensiz bir verim alınmasına neden olabilmektedir (Olesen ve Bindi, 2002). Doğal dengenin bozulması sonucunda, daha sıcak ve kurak bölge koşulları oluşmaktadır. Bu nedenle, yeterli miktarda su temin etmenin yanında toprak ve su gibi doğal çevre kaynakların kullanım verimliliğini artırmak gerekmektedir (Bisbis vd., 2018; Çelik ve Baran, 2018; Gruda vd., 2019). Bu noktada solucan gübresinin avantajları ön plana çıkmaktadır. Solucan gübresi uygulanan topraklarda toprağa uygulanan sulama suyu miktarı ve sulama sayısı azalacağı için kuraklık sorununu azaltmaktadır. Daha az sulama ile ekonomik

kazançlar elde edilir. Bellitürk (2016)'ün bildirdiğine göre; solucan gübresi yavaş salınımlı bir özelliğe sahip olması ve kullanıldığı topraklarda fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mikrobiyolojik açıdan iyileşmeler meydana getirmesi sebebiyle güvenilir organik kaynaklı bir gübredir. Solucan gübresinin uygulanması ile toprak ve bitki sağlığı olumlu yönde etkilenir. Böylece toprağa, bitkilere zarar verebilecek her türlü uygulamalardan ve tahmin edilebilen ama beklenmedik maliyetlerden kaçınılması söz konusudur.

Toprak içerisinde bulunan canlıların verim üzerine etkileri vardır. Vermikompost üretiminde kullanılan, en çok bilinen ve yüksek üretim yeteneğine sahip solucan türü olan *Eisenia fetida*'dır. *Eisenia fetida* solucanı kırmızı Kaliforniya solucan olarak da bilinmektedir. Bu solucan türü meyve, sebze, mutfak, sanayi artıkları ile beslenebilmektedir (Yılmaz vd., 2017). Solucan gübresinin kullanımında özellikle kırmızı solucanların tercih edilme sebepleri şunlardır; fazla besin tüketme alışkanlığı olması, ince vücut yapıları sayesinde besin yığınları içerisinde rahat bir şekilde hareket edebilmeleri ve kendi ağırlıkları oranınca gübre verebilme kapasitesine sahip olmalarıdır. Birçok iklim koşullarında yaşayabilen *Eisenia fetida* solucanlara uygun şartlar sağlandığında hızla üreyebilmektedirler (Okut, 2015).

Vermikompost, *Lumbricus rubellus* ve *Eisenia fetida* toprak solucanı türleri ile organik şekilde yetiştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Hayvan gübreleri ve organik bitkisel materyallerin fiziksel, kimyasal yapı ve özelliklerini değiştirmek üzere üretilmektedir. Solucan gübresi, atıkların değerlendirilmesi yoluyla geri dönüşüme katkı sağlaması ve çevreye büyük ölçüde olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir (Demir, 2010).

2.2.1. Solucan gübresinin bitki beslenmesine etkisi

Vermikompostun etkileri bitki türlerine ve hatta ele alınan çeşide bağlı olarak da büyük farklılıklar göstermektedir. Domates çeşitlerinde vermikompost etkisi üzerine yapılan bir çalışmada üç domates çeşidinin çimlenmesi, fide uzaması, biyokütle dağılımı, meyve morfolojisi ve kimyasal özellikleri üzerinde farklı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Zaller, 2007).

Solucan gübresi; bitki yetiştirme ortamına eklendiğinde farklı kimyasal, fiziksel ve biyolojik mekanizmalar yoluyla bitki büyümesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilen mikrobiyolojik olarak aktif, besin açısından zengin, turba benzeri bir materyaldir. Vermikompostun bitki büyümesi üzerindeki doğrudan etkileri; bitki için makro ve mikro besin kaynağı oluşturmaktadır. Bu besin maddelerinin bazıları inorganik formlarda bulunmasına ve bitkiler tarafından kolayca temin edilebilmesine rağmen içeriğinin çoğu organik maddenin mineralizasyonu yoluyla kademeli olarak salınır. Böylece bitkiye kademeli ve sabit bir besin kaynağı sağlayan yavaş salınımlı bir gübre oluşturur (Chaoui vd., 2003). Bununla birlikte kimyasal gübrelerin aksine bitki için sağlanan besin miktarına, solucan gübresinin işlenme süresine ve olgunluğuna bağılı olarak büyük ölçüde değıtiğı bildirilmiştir (Campitelli ve Ceppi, 2008).

Solucan gübresinin çeşitli doğrudan ve dolaylı faydalı etkileri nedeniyle toprağın verimini artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca solucan gübresi gibi organik gübrelerin kullanımı toprak verimliliğinin korunmasına yardımcı olur ve organik atıkların geri dönüşümünü sağladığı için belirgin bir çevresel faydaları vardır. Bununla birlikte üreticiler genellikle bu tür gübrelerde mahsul veriminin inorganik gübrelere göre çok daha düşük olduğunu öne sürmektedirler. Bu durum genellikle organik gübreler tarafından sağlanan besin miktarının inorganik gübreler tarafından sağlanan besin miktarlarına kıyasla daha az olmasına bağlanmaktadır. Ayrıca organik gübrelerin toprak verimliliğı üzerindeki faydalarının çoğunun uzun vadeli etkiler olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle ürün verimliliğini istenilen sabit duruma ulaştırmak için birkaç yıl boyunca tekrarlanan uygulamalar gereklidir (Trewavas, 2001).

2.2.2. Solucan gübresinin hormonal hastalıkları bastırmaya etkisi

Tohumların çimlenme gücü ve fide büyümesi üzerine vermikompost etkisinin, bitkilere besin elementlerinin tek başına bitkiye sağladığı etkiden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu etkiden dolayı bitki yetişme ortamına vermikompost uygulandığında bitki büyümesi üzerinde daha etkili olduğu bildirilmiştir. Solucanların bitki büyüme ve gelişiminde aktif rol oynayan oksin, sitokin ve gibberellin gibi bileşikler salgılaması sayesinde vermikompostun faydalı hormonal etkisi olduğu tespit edilmiştir (Yılmaz vd., 2017).

Vermikompostun ayrıca bitki hastalıklarının azaltılması veya bastırılması gibi bitki büyümesi üzerinde çok çeşitli dolaylı etkileri olduğu bulunmuştur. Bazı çalışmalar vermikompostun mikrobiyal hastalıkları, böcek zararlılarını ve bitki paraziti nematodları baskılayabildiğini göstermiştir (Noble ve Coventry, 2005; Termorshuizen vd., 2006; Trillas vd., 2006).

Orlikowski (1999), mantari hastalıkların bastırılmasıyla ilgili olarak, üç süs bitkisi türüne vermikompost ekstraktlarının eklenmesinin patojen *Phytophthora cryptogea*'nın sporlarını önemli ölçüde azalttığını gözlemlemiştir. Benzer başka bir çalışmada vermikompostun sulu ekstraktlarının *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Corticium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium oxysporum* gibi patojenik mantarların büyümesini azaltabildiğini gözlemlemiştir (Nakasone vd., 1999).

Solucan gübresinin böcek zararlıları ve akarlar üzerindeki etkilerine ilişkin olarak; saha çalışmalarında toprağa vermikompost ilavesinin *Leucaena psyllid*, *Heteropsylla cubana* (Biradar vd., 1998), emici böcek olan *Aproaerema modicella* (Ramesh, 2000), jassidler, yaprak bitleri, böcekler ve örümcek akarlarının görülme sıklığını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Rao, 2002).

Bazı çalışmalar vermikompostun sadece bitki istilasının derecesini değil aynı zamanda topraktaki bitki paraziti böceklerin popülasyonunu da azalttığını göstermektedir. Bu durum, gıda atıklarından üretilen vermikompostun topraktaki iki böcek türünün (*Acalymma vittatum*, *Diabotrica undecimpunctata*) popülasyonunu inorganik gübrelemeye kıyasla önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir (Arancon vd., 2005).

2.2.3. Solucan gübresinin organik maddeye katkısı

Yürütülen bir çalışmada toprağa kompost uygulanmasıyla mikrobiyal biyokütlenin %100, enzimsel aktivitenin %30 ve organik karbon miktarının verimi az olan toprakla karşılaştırıldıklarında %90 verimin arttığını bulunmuştur. Toprağa düzenli aralıklarla organik gübre uygulamalarının toprağın fiziksel özelliklerini, hacimsel ağırlığını ve agregat stabilitesini fazlalaştıracağını bildirmişlerdir (Diacono vd., 2011).

Mısır bitkisi yetiştiriciliğinde kompost ve ahır gübresi kullanarak bitkinin beslenmesi üzerine etkisine bakılan bir çalışmada; kullanılan gübrelerin etkilerinin kontrole kıyasla fark olduğu daha fazla olumlu etki alındığı belirlenmiştir. Bu gelişimin sebebi ise bitki bünyesinde besin elementlerinin yanında bitki gelişimi üzerine de olumlu yönde etki eden organik asit vb. bileşikleri de bünyesinde barındıran organik gübrelerin toprakta halihazırda bulunan ve gübre olarak verilen bitki besin elementlerinin yararlılık artırıcı etkiye sahip olmasındandır (Yağmur ve Okur 2018).

Zeytin katı atığı ile yapılan bir çalışmada pirininin %94 oranında organik madde barındırdığını belirtmişlerdir. Tüm toprak örneklerinde pirina uygulamasının satüre haldeki hidrolik iletkenliğini, toprağın su tutma kapasitesini, arttırmış fakat kapillar yükselmeyi ve satüre olmamış haldeki hidrolik iletkenliği azaltmış. Sonuç olarak toprağın fiziksel özelliklerine olumlu etkisi belirlenmiştir (Abu-Zreig ve Al-Widyan, 2002).

2.3. Marul Bitkisi

Marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisi papatyagiller ailesinden olan vejetatif aksamı yenen taze bir sebzedir. Marul salatalarda sandviçler içerisinde yaygın olarak kullanılır. Serin iklim ürünü olan marul, genellikle ılıman ve subtropik bölgelerde tarımı yapılır. Dünyada en fazla marul üretimi Çin'dedir. Üretim açısından önemli olan ülkeler Çin, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya, Meksika ve Türkiye'dir (Mou, 2008).

Marul üretiminde; dekardan ortalama olarak 7-8 ton civarında ürün elde edilmektedir. Türkiye'de en çok marul tarımı plastik seralarda gerçekleştirilmektedir. Özellikle en fazla kıvırcık marul üretimi yapılmaktadır. Türkiye'de marul üretimi kıvırcık yapraklı marul 252 bin 583 ton, göbekli marul 204 bin 422 ton, aysberg marul üretimi ise 104 bin 985 tondur (TÜİK, 2022).

Porto vd. (2023), yaptıkları çalışmada restoranlardan aldıkları taze sebze ve biçilmiş çim artıklarından organik kompost üreterek marul bitkisinde verim ve kalite üzerine etkisine bakmışlardır. Kullanılan kompost karışım oranları ise kontrol, %5, %10, %15, %20 ve %25 olacak şekildedir ve deneme üç tekerrürlüdür. Sonuçta kompost

eklemenin bitki büyüklüğü ve kütlesinde artış meydana getirdiği bulunmuştur. Bu oranlar bitki büyümesi için 1.7 ile 9.0 kat arasında değiştiği bildirilmiştir. Literatür ışığında organik kompost üretimi ve bunun ticari bir substrat ile karışımı marul üretimi için bir alternatif olduğunu kanıtlanmıştır.

Farklı kompost kaynaklarının marul bitkisi fidelerinin çıkışına ve büyümesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada belediye atıklarından kompost ve akasya biyokömürü ve Hindistan cevizi bazlı kompost oluşturulmuş. Karışımlardan Hindistan cevizi + evsel atık + biochar + sarı turba (73:12:10:5, v / v) tohum çimlenmesi ve kümülatif tohum çıkışı üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır. %90 ile 99 arasında değişen marul tohumu çimlenmesi gözlemlenmiştir. Ek olarak bu karışımlardaki fide gelişimi kuvvetli ve diğer karışımlarda yetiştirilen marullara göre daha yüksek olmuştur. Ayrıca karışımdaki Hindistan cevizinden dolayı toplam fenol içeriği arttığı bildirilmiştir (Martins vd., 2023).

Marul bitkisinde sentetik mantar kompostu atığı açık alanda 2 yıl süre bekletilmiş. Bekletilen mantar kompostu farklı oranlarda (0, 1, 2 ve 4 ton/da) deneme alanlarına verilmiştir. Denemede sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde yetişebilen iki marul çeşidinde verim ve kalite üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonbaharda Gloria (*L. sativa* var. *capitata*), ilkbaharda ise Lital (*L. sativa* var. *longifolia*) çeşidi tercih edilmiştir. Her iki dönemde de kontrole göre değişen oranlarda verim artmıştır. Bu verim artışı en çok 4 ton atık mantar kompostunda 4607 kg/da verim ile alınmış ve en düşük verim ise 3298 kg/da ile kontrol de meydana gelmiştir. Ancak kalite açısından farklılık meydana gelmediği bildirilmiştir (Polat ve Demir, 2004).

Yapılan bir çalışmada marul bitkisine değişik organik materyaller uygulanmış bu materyaller tavuk gübresi, sıvı tavuk gübresi ve kan unu olarak farklı dozlarda verilmiştir. Sonuçta; farklı organik gübre uygulanan toprakların, kontrol toprağa göre verim artışı %56 ile %212 oranlarında değiştiği bulunmuştur. Çalışmada en yüksek verim oranının 300 kg/da katı tavuk gübresi ve 300 kg/da sıvı tavuk gübresinde olduğu, diğer uygulamalara kıyasla marulun baş boyu, kök boğaz çapı, baş ağırlığı gibi verim unsurlarında en yüksek değerlere ulaştığı bildirilmiştir. Ayrıca marula uygulanan organik gübrelerin marulda C vitamini içeriğine, pH içeriğine ve suda çözünür kuru

madde içeriğine herhangi bir etkisinin olmadığı ortaya konmuştur (Demir ve Kaplan, 2000).

Adiloğlu vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında kıvrıcık marulda (*Lactuca sativa L. var. crispa*) vermikompostun dört farklı uygulama dozu (0, 1.5, 3 ve 6 ton/ha) kullanılmıştır. Uygulanan vermikompost dozu artışı ile bitki boyu, yaş ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak uzunluğu ve genişliğinde artış meydana gelmiştir. Maksimum verimin 6 ton/ha dozunda meydana geldiği, ancak vermikompost uygulamasının marul bitkisinde makro besin elementi (N, P, K, Ca ve Mg) miktarında istatistiksel anlamda önemli bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir.

Khosravi ve Ronaghi (2018) tarafından yapılan çalışmada, marul bitkisinde bitki gelişimini artıran rhizobakteri (PGPR), vermikompost ve fosfat gübresinin, bitki gelişimi ve mineral madde alımına etkileri araştırılmıştır. Bitki büyümesinin teşvik eden bakteri olarak *Pseudomonas fluorescens* rhizobakterisi kullanılmıştır. Uygulamada vermikompost ise %0 ve %1 oranında verilmiştir. Fosfat kaynağı olarak kontrol, kaya fosfatı, trikalsiyum fosfat ve triple süper fosfat (TSP) 25 mg şeklinde verilmiştir. Sonuçta PGPR ve fosfat gübrelerinin bitkide kuru madde ve bazı besin elementlerin alımını artırdığını belirlemişlerdir. Bitki büyümesini teşvik eden bakteriler, vermikompost ve TSP kombine olarak uygulamasının bitki kuru madde miktarını azalttığı bildirilmiştir.

2.3.1. Marul bitkisinin insan beslenmesindeki yeri

Dünyada ve ülkemizde nüfus hızlı bir artış göstermektedir. İnsanların yeterli ve dengeli beslenmeleri için sebze, meyve tüketiminin artırılması gereklidir. Sebzeler içerisinde insan sağlığı açısından önemli miktarda vitamin ve mineral barındırırlar. Böylece vücudun hastalıklara karşı dirençli olmasını sağlarlar. Dünyada birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklı kuruluşlar sebze ve meyve tüketiminin teşviki konusunda kampanya ve çalışmalar yapmışlardır. Özellikle Amerika'da ve Avrupa'da önemli başarılı sonuçlar almışlardır. Örneğin; Amerika'da bilim akademisi, düşük gelirli bireylerin daha çok sebze ağırlıklı beslemelerini önermiştir. Özellikle brokoli bu konuda ne çıkan besinlerdendir. Sağlık yönünden de brokolinin kanseri azalttığı yönünde kampanyalar yapılmaktadır (Akbay vd., 2005).

Amerika'da insanların tüketim alışkanlıklarını değiştirmek için geçmişte uygulanmış olan ve günümüzde halen kullanılan günde beş öğün kampanyası ile sebze ve meyve yeme oranını artırmayı hedeflemişlerdir. Bu alışma devlet kurumları, sağlık kurumları ve özel kuruluşlarla birlikte yapılmıştır. Her bir Amerikalının günde en az beş öğün sebze ve meyve yemesi yönünde teşvik edici kampanyalar yürütmüşlerdir. Kampanya ile amaç; hem meyve ve sebze üretimini artırmak hem de ABD'de en çok lme sebep olan kanser, felç ve kalp krizi gibi vakaları azaltmak olduğu bildirilmiştir (Spoon vd., 1998).

Sebze ve meyveler et ve et ürünlerine nazaran daha az protein oranına sahiptir ancak mineral ve vitamin bakımından zengindir. Marul bitkisi bünyesinde selüloz bulunduğundan dolayı insan bağırsak sağlığı açısından faydalıdır. Sebzeler değişik renk ve koku açısından yemeklerde iştah açıcı etkiye sahiptirler. Sebze rnlerinin günlük yemek porsiyonlarında mutlaka bulunması gereklidir. Özellikle marul gibi yeşil yapraklı sebzeler C vitamini bakımından oldukça zengindir (Yücecan ve Ekinciler, 1973).

Günümüzde artan dünya nüfusunun gıda ihtiyaını karşılamak için tarımsal ürünlerin de artırılması gereklidir. Bu sebeple toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak verim kapasitelerinin artırılması, birim alandan daha yüksek verim alma amaı ile uygulanan kimyasal gübreler toprakları bozmaya başlamıştır. Bu bağlamda toprakları mikrobiyolojik olarak ıslah eden organik maddeler giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada zeytinyağı atığı olan pirinanın topraklara yeniden kazandırılması amaçlanmaktadır. Ancak pirinanın fenol içeriğinin yüksek olmasından dolayı topraklara direk olarak uygulanması sakıncalıdır. Çalışmanın amaı, pirinanın yer aldığı karışımların solucan varlığında ve solucan olmadan inkübasyona tutulması, bu esnada hem fenol içeriğinin azaltılması hem de topraklarda güvenle kullanılabilcek bir organik gübrenin elde edilmesidir. Çalışmada ayrıca sözü edilen kompostların uygulaması ile marulun bitki besin elementi içeriğini artırmak hedeflenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme toprağı

Sera koşullarında saksı denemesi olarak yürütölen denemelerde kullanılan toprak, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ), Ziraat Faköltesi Araştırma Uygulama Çiftliğinden, üzerinde tarımsal üretim yapılmayan tarladan 20cm den alınmıştır. Topraklar 2mm'lik elekten elenmiştir. Toprağın alındığı bölge Akdeniz iklimi ile Karasal iklim geçit bölgesinde yer almaktadır. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın temel özellikleri

Toprak Özelliğı	Sonuç	Değerlendirme
Bünye	%29 Kum %21 Kil %50 Silt	Siltli Tın
pH (1:2.5)	7.75	Hafif alkali
EC (1:2.5)	0.253 dS m ⁻¹	Hafif tuzlu
Kireç (Kalsimetrik)	%27.2	Çok fazla kireçli
OM (Walkley-Black)	%1.66	Az
N (Kjeldahl)	%0.68	Çok az
Yarayışlı Fosfor (P ₂ O ₅)	12.2 mg kg ⁻¹	Yeterli
Değışebilir Potasyum	935.9 mg kg ⁻¹	Fazla
Değışebilir Kalsiyum	18161 mg kg ⁻¹	Çok fazla
Değışebilir Magnezyum	1413 mg kg ⁻¹	Fazla
Yarayışlı Demir	18.4 mg kg ⁻¹	Fazla
Yarayışlı Çinko	4.10 mg kg ⁻¹	Fazla
Yarayışlı Mangan	45.6 mg kg ⁻¹	Yeterli
Yarayışlı Bakır	5.06 mg kg ⁻¹	Yeterli

3.1.2. Denemede kullanılan organik materyaller

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 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.

3.1.3. Deneme bitkisi

Yürütülen çalışmada, Maipira (şakira) marul çeşidi kullanılmıştır. Marul fideleri üst ve alt noktadaki çapları 19.5 ve 13.0 cm, derinliği 13.5 cm olan 4 litrelik saksılara dikilmiştir.

3.1.4. Denemede kullanılan solucan

Denemede solucan gübresi (vermikompost) üretiminde, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Toprak Biyolojisi laboratuvarında var olan *Eisenia fetida* solucan türü kullanılmıştır. Bu solucan halk arasında Kırmızı Kaliforniya Solucanı olarak da bilinmektedir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Kompost ve vermikompost olmak üzere 2 farklı organik materyalin 0 (kontrol), 1000, 2000, 4000 kg da⁻¹'a karşılık gelen dozları kullanılarak 3 tekerrürlü olarak sera koşullarında yürütülmüştür. Bitkiler 4 kg saksılara fide olarak dikilmiş Deneme kurulumu sonrası alınan görüntüler Şekil 3.1'de, deneme planı ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Saksılara dikilen marul fidelerinin genel görünümü

Çizelge 3.2. Deneme planı

Saksı no	Uygulama	Doz (kg da ⁻¹)	Tekerrür	Saksı no	Uygulama	Doz (kg da ⁻¹)	Tekerrür
1	Kompost	0 (kontrol)	1	4	Vermikompost	0 (kontrol)	1
2	Kompost	0 (kontrol)	2	5	Vermikompost	0 (kontrol)	2
3	Kompost	0 (kontrol)	3	6	Vermikompost	0 (kontrol)	3
7	Kompost	1000	1	16	Vermikompost	1000	1
8	Kompost	1000	2	17	Vermikompost	1000	2
9	Kompost	1000	3	18	Vermikompost	1000	3
10	Kompost	2000	1	19	Vermikompost	2000	1
11	Kompost	2000	2	20	Vermikompost	2000	2
12	Kompost	2000	3	21	Vermikompost	2000	3
13	Kompost	4000	1	22	Vermikompost	4000	1
14	Kompost	4000	2	23	Vermikompost	4000	2
15	Kompost	4000	3	24	Vermikompost	4000	3

Deneme kurulmadan önce saksılara 4 kg toprak yerleştirilmiş, 150 ppm olacak şekilde 20.20.0 taban gübresi uygulanmış, bitki gelişimi takip edilerek üst gübre olarak amonyum sülfat gübresi kullanılarak 200 ppm azot uygulaması yapılmıştır.

3.2.2. Kompost ve vermikompost eldesi

Kompost ve vermikompost elde etmek için aynı başlangıç karışımı hazırlanmış ve bu karışım ikiye bölünerek yarısı laboratuvar ortamında olduğu şekliyle ve diğer yarısı içerisine 150 adet solucan karıştırılarak inkübe 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 sonuçlandırılmış, diğer deyişle, laboratuvar ortamında bırakılan örneklerin tam bir kompostlamaya

maruz kalıp kalmadığı değerlendirilmemiştir. Böylece solucan kullanılarak ve kullanılmadan yapılan kompostlama işleminde eşit zaman aralığında, pirinadan kaynaklanan fenol içeriğinde meydana gelen azalmanın belirlenmesi olanağına kavuşulmuştur. Bu aşamanın başında ve sonunda toplam fenolik madde analizleri (Singleton ve Rossi, 1965) yapılarak kompostlamanın fenol kapsamındaki azalmaya etkileri belirlenmiştir.

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. İlk denemede pirina ve hayvan gübresinin %100 pirina, %75 pirina+%25 hayvan gübresi, %50 pirina+%50 hayvan gübresi, %25 pirina+%75 hayvan gübresi dozları kullanılmıştır. Deneme sonuçları, solucanların en düşük pirina dozunda dahi kaçınma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bu ilk denemede solucanların bu derece düşük dozda bile kaçınması fenol içeriğinden başka bir faktörün etkili olabileceğini çağrıştırmış, yapılan pH ölçümünde ortamın asidik karakter kazanmasının bu duruma etki edebileceği öngörülmüştür. Bir sonraki kaçınma testinde bu kez ortamlara ağırlıkça %5 dolomit eklenmiş ve test tekrarlanmıştır. Bu test sonucunda solucanların %50 pirina + %45 hayvan gübresi ve %5 dolomit karışımından kaçınmadıkları görülmüş ve başlangıç materyalinin oluşturulmasında bu oranlar kullanılmıştır. Sözü edilen karışım tartılarak (Şekil 3.2) temiz bir zemin üzerinde homojen olacak biçimde karıştırılmıştır.



Şekil 3.2. Başlangıç materyalinin hazırlanmasından bir görünüm

Karışım hazırlandıktan sonra doygunluğun %50'sine getirilecek kadar çeşme suyu uygulanmıştır. Solucanlara ozmotik şok etkisi yapabileceği için kompostlama aşamalarındaki tüm su ekleme işlemleri çeşme suyu kullanılarak yapılmıştır. Bu aşamadan sonra, solucanların derileri ile solunum yapması ve dolomit uygulamasının ortamdaki asit ile etkileşerek CO₂ çıkaracağı bilgileri doğrultusunda, oluşan hızlı CO₂ çıkışının tamamlanması için karışım 3 gün boyunca laboratuvarında bekletilmiştir. Bundan sonra elde edilen karışımdan 2 adet 1 kg tartılmış ve yukarıda belirtildiği üzere 1 kg'ı olduğu şekliyle bırakılmış, diğer 1 kg'a 150 adet solucan aşılanmıştır (Şekil 3.3). Kompostlama süresinin tamamlanması solucan davranışlarını izleyerek belirlenmiştir. Deneme kurulduktan 69 gün sonra solucanların ortamdan 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.



Şekil 3.3. Solucanların aşılmasından görüntüler

3.2.3. Solucan kaçınma testi

Eko-toksikolojik bir test olan solucan kaçınma testinde (ISO, 2008), referans örneği ile test örneği aynı kap içerisine konulmakta ve solucanların kaçınma yüzdeleri belirlenmektedir. Bu çalışmada farklı oranlarda hazırlanan pirina + hayvan gübresi karışımları ile pirina + hayvan gübresi + dolomit karışımları, referans örnek olarak kullanılan hayvan gübresi karşısında test edilmiştir. Bu testte bir kilogramlık kabın tam orta noktasına bir ayırıcı yerleştirilmiş, ayırıcının bir tarafına test edilecek karışım, diğer tarafına ise referans olarak hayvan gübresi konulmuştur. Testin orijinal tarifinde referans olarak yapay toprak kullanılması önerilmektedir. Ancak bu çalışmada hayvan gübresinin toprak ile karşılaştırılması olası olmadığından bu modifikasyona gidilmiştir. Hazırlanan kaplar eşit nem içeriğine ulaştırıldıktan sonra başlangıçta konulan ayraç çıkartılmış, tam ayracın bulunduğu noktaya 10 adet *Eisenia fetida* türü toprak solucanı bırakılmış ve düzenek 48 saat süreyle oda koşullarında inkübe edilmiştir. Sürenin sonunda ilk başta kullanılan ayraç tekrar yerini yerleştirilmiş, her iki taraftaki solucanlar sayılmıştır. Ayracın bir solucanı bölmesi halinde, bölüdüğü noktaya bakılmaksızın, her iki tarafın solucan sayılarına 1 ilave edilmiştir. Sayım tamamlandıktan sonra aşağıdaki Denklem (3.1) yardımıyla solucan kaçınma yüzdesi belirlenmiştir (ISO, 2008).

$$\% \text{Kaçınma} = \frac{\text{solucan sayısı referans} - \text{solucan sayısı test}}{\text{kullanılan toplam solucan sayısı}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.4. Gözlem, lm ve analiz yöntemleri

Örneklerin analize hazırlanması

Bitkiler dikildikten 60 gün sonra keskin bıçak yardımı ile bitkiler toprak seviyesinin hemen üstünden kesilerek (ekil 3.4) lm, tartım ve gözlemler gerçekleştirilmiştir. Bundan sonra rnekler 80°C sıcaklıkta etüvde kurutulmuş, gtlerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.2. Hasat görüntüsü

3.2.5. Toprak analizleri

Toprak reaksiyonu belirlenmesi (pH):

Toprak - Saf Su (1:2.5) oranındaki süspansiyon karışımından pH metre kullanarak belirlenmiştir (Jackson, 1967).

Elektriksel iletkenlik belirlenmesi (EC)

Toprak - Saf Su (1:2.5) oranındaki süspansiyon karışımından EC metre kullanılarak belirlenmiştir (Richards, 1954).

Organik madde belirlenmesi

Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 2012).

Kireç (CaCO₃) belirlenmesi

Kireç yüzdesi Scheibler kalsimetresi kullanılarak belirlenmiştir (Kacar, 2012).

Makro ve mikro besin element analizleri

Örneklerin makro ve mikro element analizleri Kacar ve İnal (2010) tarafından bildirilen yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Denemede kullanılan toprağın analizlerinde ise Kacar (2012), bildirilen yöntemler seçilmiştir.

3.2.6. Bitkilerin mineral madde içeriklerinin belirlenmesi

Azot (N) belirlenmesi

Kurutulup öğütülen yaprak örneklerinin toplam azot yüzdeleri kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Fosfor (P) belirlenmesi

Kurutulup öğütülen yaprak örneklerinin kuru yakma yöntemi kullanılarak elde edilen çözeltiden vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi ile spektrofotometrede (Shimadzu UV-1208) kolorimetrik olarak toplam fosfor içeriği belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu) belirlenmesi

Kurutulup öğütülen yaprak örneklerinin kuru yakma sonucunda elde edilen çözeltilerinde toplam Zn, Mn, Cu atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Varian AA240FS) cihazında ölçülmüştür (Kacar ve İnal, 2008).

Potasyum (K), magnezyum (Mg) belirlenmesi

Kurutulup öğütülen yaprak örneklerinin kuru yakma sonucunda elde edilen çözeltilerinde toplam potasyum (K), magnezyum (Mg) atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Varian AA240FS) cihazında ölçülmüştür (Kacar ve İnal, 2008).

Verim, yaprak eni ve yaprak boyu belirlenmesi

Hasat sonrası bütün bitkiler yıkanıp filtre kağıdı ile kurutulduktan sonra tartılmış, elde edilen değer taze ağırlık olarak kullanılmıştır. Daha sonra etüv yardımıyla 80 °C sıcaklıkta kurutulan örnekler tekrar tartılmış, elde edilen değerler kuru ağırlık olarak kullanılmıştır. Marulların yaprak eni ve yaprak boyunun belirlenmesi için en dışta yer alan yapraktan itibaren 2. ve 3. yapraklar seçilmiştir. Bu yaprakların eni ve boyu cetvel yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Yaprak en ve boy ölçümlerinden görüntüler

Kroma, HUE ve SPAD belirlenmesi

Ölçümlerin tümü, en dış yapraktan 2 veya 3 yaprak içerde yer alan, tesadüfi olarak seçilen yapraklarda yapılmıştır. Kroma ve HUE değeri PCE-CSM 1 renk ölçer ölçüm cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.8). Kroma değeri 0 değerine yaklaştıkça rengin gri-akromatik, renk değer 100'e yaklaştıkça da rengin canlı olduğu ifade edilmektedir. HUE değeri ışığı yansıtma durumunu ifade etmekte olup siyah renkten beyaz renge açıklık koyuluğu, ifade etmektedir (McGuire, 1992).



Şekil 3.6. Yaprak renk ölçüm cihazı

SPAD değeri SPAD-502 klorofilmetre cihazı kullanılarak, Kroma ve HUE okuması yapılan yapraklar kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.9). SPAD değer skalasında 1 değeri klorotik veya sarı, 50 değeri ise koyu renk olarak ifade edilmektedir (Şekil 3.10).

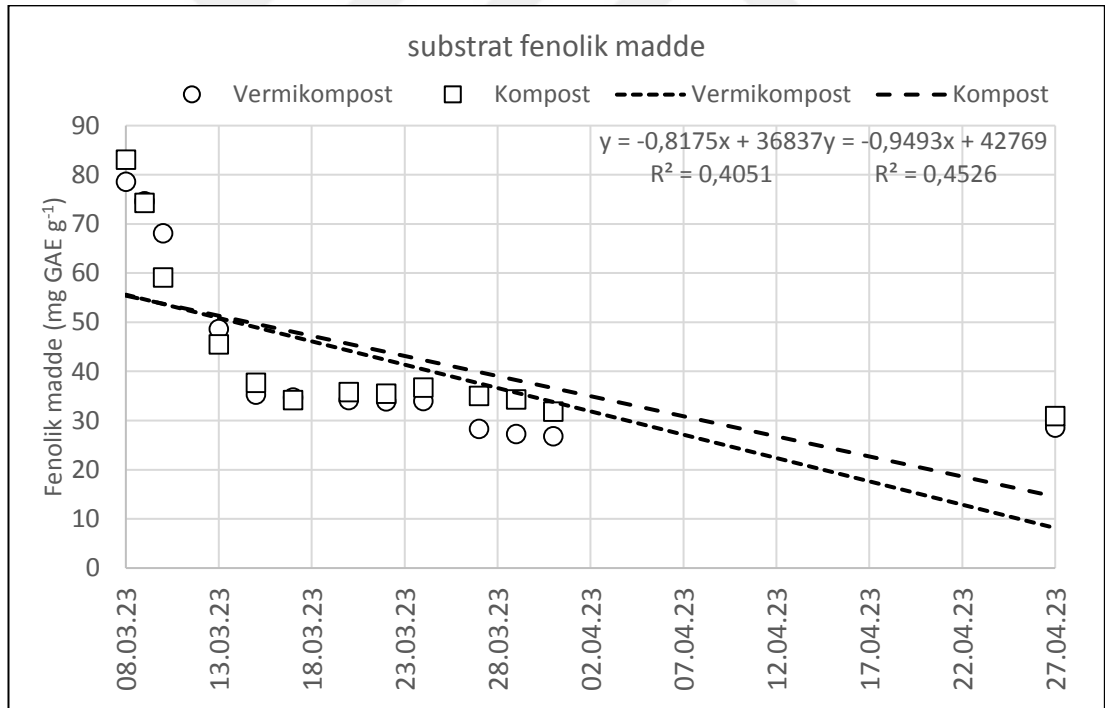


Şekil 3.7. Klorofil ölçüm değeri

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fenolik Madde İçeriği

Denemede kullanılan vermikompost ve kompostun fenol içeriğindeki değişim, kompostlama sürecinde zamana bağlı olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1). Bu amaçla karışımlar hazırlanıp, solucan aşılama işlemi tamamlandıktan sonraki 1., 2., 3., 5., 7., 9., 11., 13., 15., 17., 19., 21. ve 48. günlerine karşılık gelen 08.03.2023, 09.03.2023, 10.03.2023, 13.03.2023, 15.03.2023, 17.03.2023, 20.03.2023, 22.03.2023, 24.03.2023, 27.03.2023, 29.03.2023, 31.03.2023 ve 27.04.2023 tarihlerinde 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 4.1. Kompostlama süresince organik materyallerde belirlenen fenolik madde içerikleri

Yapılan ölçüm sonuçları (Şekil 4.1) 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 g⁻¹ değerine ulaşmıştır. Diğer ölçüm günleri olan 2., 5. ve 9. günlerde belirlenen farklar ise 0.3, 3.1 ve 0.5 g GAE g⁻¹ gibi nispeten oldukça düşük düzeydedir. Değerler incelendiğinde, sürecin başlangıcında görülen bu salınımın kaybolduğu ve solucanların etkisinin belirginleştiği söylenebilir. Vermikompost ve kompost uygulamalarının ortalama fenol içerikleri üzerine etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0.05).

Hasat dönemi sonrasında bitki örneklerinde yapılan fenolik madde içerikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bitki örneklerinin fenolik madde içerikleri (mg GAE g⁻¹)

Dozlar (kg da ⁻¹)	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 _{VK/K}	212.39 ***		
F _{Doz}	64.38 ***		
F _{VK/K x Doz}	49.69 ***		

***: p<0.001

Çizelge 4.1 incelendiğinde hem kompost/vermikompost (VK/K) uygulamalarının hem dozların, hem de VK/K x Doz interaksiyonunun istatistiki olarak p<0.001 düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Ortalama değerler itibariyle vermikompost ve kompost karşılaştırıldığında kompost uygulanan toprağın fenolik madde içeriği, vermikompost uygulamasına göre %45 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum büyük olasılıkla analiz sonucu belirlenen fenolik madde içeriğinin (Şekil 4.1) 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⁻¹ arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu çalışmada ise vermikompost uygulamasında bitkideki toplam fenolik madde içeriğinin 71 – 84 mg GAE g⁻¹ arasında değiştiği, kompost uygulamalarında ise değişimin 74 – 158 mg GAE g⁻¹ aralığında olduğu görülmüştür. Domagala (1997), fenolik madde içeriği üzerine sebzenin çeşidinin, uygulanan azot miktarının, uygulama şeklinin, toprak ve iklim şartlarının etkili olduğunu bildirmiştir. 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 4.1) ile bitki fenolik madde sonuçları (Çizelge 4.1) bir arada değerlendirildiğinde, solucan ile kompostlama sonucunda, substratın fenolik madde içeriğinde istatistiki düzeyde azalma gözlenmesi dahi, solucan kullanımının bitkiye fenolik madde geçişinde etkili olduğu değerlendirilmiştir. Bu bulgudan hareketle organik gübre elde ederken pürine kullanılması durumunda, termofilik fazı da içeren tam bir kompostlama sürecini takiben solucan aşılmasının, bitkide substrattan kaynaklanan fenolik madde artışına neden olmayabileceği söylenebilir.

4.2. Yaş ve Kuru Ağırlık

Uygulamaların marul bitkisinin hasat sonrası verim (taze bitki ağırlığı) ve kuru ağırlıklarına ilişkin elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir. Taze ağırlık sonuçları ortalama değerler itibarıyla incelendiğinde 178 g ile kompost uygulamasında 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⁻¹ dozlarında kontrol (0 dozu) uygulamasına göre daha yüksek değerlerin elde edildiği, dozun 4000 kg da⁻¹'a çıkması durumunda elde edilen bu olumlu artışın kaybolduğu tespit edilmiştir. En yüksek doz olan 4000 kg da⁻¹ dozunun ortalama değerler itibarıyla verimi azaltması ve bitkinin fenolik madde içeriğini (Çizelge 4.1) artırması, bu dozun seçilmemesi gerektiğine işaret etmektedir.

Çizelge 4.2. bitki yaş ağırlığı (g bitki⁻¹)

Dozlar (kg da ⁻¹)	Vermikompost	Kompost	Ortalama
0	170	172	171 B
1000	185	184	185 A
2000	186	182	184 A
4000	168	173	170 B
Ortalama	177	178	
ANOVA			
F _{VK/K}	0	ÖD	
F _{Doz}	6.34	**	
F _{VK/K x Doz}	0.45	ÖD	

** : p<0.01; ÖD: önemli değil

Çizelge 4.3. Yeşil ve kök aksamalarının kuru ağırlıkları

VK/K	Dozlar (kg da ⁻¹)	Yeşil aksam kuru ağırlık (g)	Kök kuru ağırlık (g)
Vermi-kompost	0	16.3 ab	1.27 ab
	1000	17.0 ab	1.32 ab
	2000	18.9 ab	1.35 ab
	4000	15.6 b	0.89 b
Kompost	0	16.8 ab	1.36 ab
	1000	18.9 ab	1.09 ab
	2000	17.6 ab	1.13 ab
	4000	18.9 a	1.45 a
Ortalamalar			
Vermikompost		16,9 B	1.21
Kompost		18,0 A	1.26
Dozlar	0	16.6	1.31
	1000	17.9	1.20
	2000	18.3	1.24
	4000	17.2	1.17
ANOVA			
F _{VK/K}		4.37 *	0.31 ÖD
F _{Doz}		1.97 ÖD	0.41 ÖD
F _{VK/K x Doz}		3.28 *	3.68 *

*: p<0.05; ÖD: önemli değil

Literatürde birçok bitki yetiştiriciliğinde bitkilerin besin elementi ihtiyacının karşılanması ve toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal yapısını iyileştirmek amacıyla vermikompost ve kompost kullanılan çalışmalar yer almaktadır. Vermikompostun

artan dozlarının bitki verimini azalttığına dair Frassetto vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, vermikompost dozunun artırılmasıyla bitki büyümesinin azaldığı 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 değer 186 g ile vermikompost uygulamasının 2000 kg da⁻¹ dozundan elde edildiği görülmüştür. Moreira vd. (2014), kompost uygulamasının, kontrol uygulamasına göre marul bitkisinde verimi %15-20 oranında artırdığı ve bitkilerin daha sağlıklı ve güçlü geliştiğini tespit etmişlerdir. Adiloğlu vd. (2018)'nin çalışmasında ise marulun yaş ağırlığının 122.7-142.8 g arasında değiştiği ve bitki yaş ağırlığı yönünden vermikompost uygulamasında kontrole oranla artışın meydana geldiği bildirilmiştir. Literatürdeki verilerle uyumlu olarak bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda, 4000 kg da⁻¹ 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 (Çizelge 4.3) incelendiğinde, ortalama değerler itibariyle kompost uygulamasının vermikompost uygulamasından daha fazla yeşil aksam kuru ağırlığını artırdığı görülmüştür ($p < 0.05$). Verim değerlerinde (Çizelge 4.2) ise böyle bir fark görülmemiştir. Bu durum vermikompost uygulamasında bitkinin yaş ağırlık/kuru ağırlık oranının daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Bitki kuru ağırlığı bakımından dozlar arasında farklar görülmesine rağmen bu farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). İnteraksiyonlar arasında en yüksek değer kompost uygulamasının 4000 kg da⁻¹ dozunda görülürken, ikinci yüksek değer vermikompostun aynı dozunda görülmüştür. Gerek verimde neden olduğu azalma ve gerekse yüksek fenol içerikleri nedeniyle 4000 kg da⁻¹ dozları hariç tutulursa, kuru ağırlık bakımından en yüksek değer vermikompostun 2000 kg da⁻¹ dozu ile kompostun 1000 kg da⁻¹ 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. Leon vd. (2012) tarafından yürütülen çalışmada yeşil aksam kuru ağırlığı 27.88 – 29.41 g arasında bulunduğu bildirilmiş ve yeşil aksam kuru ağırlığı açısından kontrol grubu ile vermikompost uygulaması arasında fark oluşmadığı bildirilmiştir. Kashem vd. (2015) ise, domates bitkisi ile yürüttükleri çalışmalarında vermikompost dozu arttıkça bitki yeşil aksam ve kuru ağırlığını da arttırdığını bildirmiştir. Literatürdeki verilerle uyumlu olarak bu çalışmadan elde edilen veriler, vermikompostun 4000 kg da⁻¹ dozu haricinde kontrole göre hem vermikompostta hem de kompostta artış belirlenmiştir.

4.3. Yaprak Boyu, Yaprak Eni, Kroma, HUE ve SPAD Ölçümleri

Uygulamaların hasat sonrası marul bitkisi yaprağının enine ve boyuna etkilerine ilişkin bulgular Çizelge 4.4'te verilmiştir. Marul bitkisi yaprak boyu, ortalamalar ve interaksiyon değerleri itibariyle uygulamalardan istatistiki düzeyde etkilenmemiştir ($p>0.05$). Ortalama değerler itibariyle hem vermikompost ve kompost değerleri arasında hem de ortalama doz değerleri arasında görülen en yüksek fark 6 mm gibi oldukça düşük düzeyde olmuştur. Bu bulgudan farklı olarak Gün (2019), yaptığı çalışmada marulun cinsine göre yaprak uzunluğunun değiştiğini bildirmiştir. Karademir (2019), yürüttükleri çalışmada toprağa yüzde olarak 2.5 – 20 oranlarında karıştırılan vermikompostun marulda bitki boyunda, yaprak eninde ve yaprak sayısında artışlar meydana getirdiğini rapor etmiştir. Bu sonuçları destekler biçimde Hernandez vd. (2010), marulun bitki boyunun vermikompost uygulamasından daha çok mineral gübreden etkilendiğini bildirmiştir. 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.

Çizelge 4.4. Marul yaprağının boy ve en ölçüm sonuçları

VK/K	Dozlar (kg da ⁻¹)	Marul boyu (cm)	Marul eni (cm)
Vermi-kompost	0	12.1	13.0 a
	1000	12.3	12.9 a
	2000	12.5	13.9 a
	4000	11.8	8.8 b
Kompost	0	12.3	13.6 a
	1000	13.3	13.7 a
	2000	12.9	13.1 a
	4000	12.5	13.1 a
Ortalamalar			
Vermikompost		12,2	12.1 B
Kompost		12,8	13.4 A
Dozlar	0	12.2	13.3 A
	1000	12.8	13.3 A
	2000	12.7	13.5 A
	4000	12.1	10.9 B
ANOVA			
F _{VK/K}		4.49 ÖD	9.35 **
F _{Doz}		1.41 ÖD	9.26 ***
F _{VK/K x Doz}		0.30 ÖD	7.07 **

***: p<0.001; **: p<0.01; ÖD: önemli değil

Ortalama değerler itibariyle vermikompost uygulaması marul bitkisinin yaprak eni üzerinde olumsuz etkide bulunmuş (Çizelge 4.4) (p<0.05), kompost uygulamasında daha yüksek yaprak eni değerlerine ulaşılmıştır. Ortalama doz değerleri arasında sadece 4000 kg da⁻¹ dozunda istatistiki düzeyde bir azalma görülmüş, diğer dozlar arasında ise anlamlı farklar görülmemiştir. İnteraksiyon değerleri arasında en düşük değer vermikompost uygulamasının 4000 kg da⁻¹ dozunda belirlenmiş, diğer tüm değer arasında istatistiki olarak önemsiz farklar belirlenmiştir. Karademir (2019), yaptığı çalışmada toprağa yüzde 2.5 – 20 oranlarında karıştırılan vermikompostun marulda bitki boyu, yaprak eni, yaprak sayısında artışlar meydana geldiğini belirlemiştir. Ancak bu artışların kontrol ile benzerlik gösterdiğini de vurgulamıştır. Yürütülen bu tez çalışmasında da sonuçlar uygulamaların etkisinin büyük oranda kontrole benzer olduğunu göstermiştir.

Marul bitkisinde ölçülen kroma değerleri (Çizelge 4.5) ortalamalar üzerinden değerlendirildiğinde, vermikompost ve kompost uygulamaları arasında anlamlı bir farkın bulunmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Belirlenen Kroma, HUE ve SPAD değerleri

VK/K	Dozlar (kg da ⁻¹)	Kroma değeri	HUE değeri	SPAD değeri
Vermi-kompost	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
Ortalamalar				
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
ANOVA				
F _{VK/K}		0.10 ÖD	0.64 ÖD	0.81 ÖD
F _{Doz}		6.06 *	5.96 *	1.06 ÖD
F _{VK/K x Doz}		1.18 ÖD	0.84 ÖD	1.80 ÖD

*: p<0.05; ÖD: önemli değil

Ortalamalar itibariyle dozlar arasında ise hem 2000 kg da⁻¹ hem de 4000 kg da⁻¹ 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 etili olmadığını, yaprak klorofil içeriği, ortamdaki ışık şiddeti ve yaprak büyüklüğü gibi faktörlerin de etkili olduğunu bildirmiştir. Karademir (2019), çalışmasında kroma değerinin 28.6 – 31.9 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çağlar (2014) tarafından yürütülmüş bir çalışmada ise marulda kroma değeri 48.39 – 51.44 arasında bulunmuştur. Bu çalışmada belirlenen kroma değerleri (Çizelge 4.4) vermikompost uygulamasında 31.0 – 37.5 arasında, kompost uygulamasında ise 29.9 – 38.0 arasında değişmektedir. Belirlenen renk ölçüm

değerleri literatür ışığında değerlendirildiğinde değişime neden olarak marulun genotipi, yetiştirme ortamı, beslenme durumu, rengin okuduğu bölge gibi unsurlar gösterilebilir.

HUE değerleri (Çizelge 4.5) ile kroma değerleri arasında tam bir uyum belirlenmiş, vermikompost ve kompost uygulamalarının ortalamaları ile interaksiyonlar arasında anlamlı farklar görülmemiştir. Doz ortalamaları bakımından yine 2000 kg da⁻¹ ve 4000 kg da⁻¹ dozları ön plana çıkmış, tüm dozlar kontrole göre HUE değerini artırmıştır. İstatistiki olarak anlamlı olmamakla birlikte en yüksek HUE değeri 108 ile vermikompost uygulamasının 1000 kg da⁻¹ dozunda belirlenmiştir. En düşük değerler ise kontrol uygulamalarında görülmüş, tüm dozlar kontrole göre HUE değerini artırmıştır. HUE değerlerinde 60 derece sarı rengi, 120 derece yeşil rengi, 180 derece turkuaz rengi ifade etmektedir. Sonuçlara göre yaprak renklerinin yeşile yakın bir renkte olduğu görülmektedir. Karademir (2019), çalışmasında HUE değerini 111 ile 114 arasında bulmuştur. Çağlar (2014) tarafından yapılan çalışmada ise marulda HUE değerinin 146.7 ile 147.6 gibi çok dar bir aralıkta olduğunu bildirilmişlerdir. Çalışmadan elde edilen değerler (Çizelge 4.5) incelendiğinde ise vermikompost uygulamalarında değerlerin 89 – 108 arasında, kompost uygulamasında ise 90 – 106 arasında olduğu görülmektedir.

Klorofil içeriği ile ilintili sonuçlar veren SPAD değerleri (Çizelge 4.5) 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. Ali vd. (2007), vermikompost ve kompost uygulanan topraklarda yetiştirilen marul bitkisi yaprağının SPAD değerlerinin 28 ile 34 arasında olduğunu bildirmişlerdir. 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 (Topaklı ve 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.

Çeşitli sensörler yardımıyla yaprağın kroma, HUE ve SPAD değerini belirleyen cihazlarda ölçüm yapılırken yaprak üzerindeki birkaç noktadan art arda ölçüm yapılmaktadır. Ancak yaprakların her noktası aynı özellikte olmadığından ölçüm

değerleri arasında büyük varyasyonlar meydana gelmektedir. Bunun sonucunda farklı uygulamalar arasında fark görülmesine rağmen farklar istatistiki düzeyde anlamlı olmamaktadır. Birden çok yaprakta, çok fazla noktadan ölçüm yapılarak bu sorunun ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir.

4.4. Seçilen Bazı Makro Elementlerin Bitkideki Konsantrasyonları

Hasat sonrası etüvde kurutularak öğütülen marul bitkisinde N, P, K ve Mg analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Bitkide belirlenen N, P, K ve Mg konsantrasyonları

VK/K	Dozlar (kg da ⁻¹)	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
Vermi- kompost	0	3.67 ab	0.283 bc	3.70	0.261 bc
	1000	4.26 a	0.263 bc	4.81	0.261 bc
	2000	4.21 a	0.242 c	4.47	0.250 c
	4000	3.74 ab	0.310 ab	4.26	0.422 a
Kompost	0	3.43 b	0.261 bc	3.47	0.330 b
	1000	4.13 ab	0.277 bc	4.79	0.309 bc
	2000	4.11 ab	0.307 ab	4.38	0.328 b
	4000	4.33 a	0.365 a	5.27	0.313 bc
Ortalamalar					
Vermikompost		3.97	0.275 B	4.31	0.299
Kompost		4.00	0.303 A	4.48	0.320
Dozlar	0	3.55 B	0.272 B	3.59 B	0.296 B
	1000	4.19 A	0.270 B	4.80 A	0.285 B
	2000	4.16 A	0.275 B	4.43 AB	0.289 B
	4000	4.04 A	0.338 A	4.77 A	0.368 A
ANOVA					
F _{VK/K}		0.09 ÖD	11.28 **	0.34 ÖD	4.14 ÖD
F _{Doz}		8.64 ***	15.40 ***	3.82 **	13.51 ***
F _{VK/K x Doz}		3.54 *	5.64 **	0.97 ÖD	16.86 ***

***: p<0.001; **: p<0.01; *: p<0.05; ÖD: önemli değil

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⁻¹ dozlarında, kompost uygulamasında ise 4000 kg da⁻¹ dozunda olduğu görülmüştür. Bu sonuçtan hareketle azot içeriği 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. Hernandez vd. (2010), marulun azot içeriğini %1.44 – 2.75 arasında bulmuş, azot konsantrasyonu üzerine mineral gübrelerin daha etkili olduğunu rapor etmiştir. Adiloğlu vd. (2018) ise, kıvırcık marulun yapraklarının azot konsantrasyonlarının uygulamalara bağlı olarak %5.09 ile 5.43 arasında değiştiğini ancak bu farkın istatistiki olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir.

Uygulamaların marul bitkisinin yaprak fosfor değerleri (Çizelge 4.6) incelendiğinde ortalama değerler itibariyle kompost uygulamasında vermikompost uygulamasından daha yüksek değerler elde edildiği görülmüştür. Dozlar arasında ise kontrol (0 dozu) dozuna göre 4000 kg da⁻¹ dozlarında daha yüksek fosfor konsantrasyonu elde edilmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde ise en yüksek değerler kompost uygulamasının 4000 kg da⁻¹ 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. Toprağa vermikompost uygulaması yapılan çalışmalarda toprakta fosfor mineralizasyonunun arttığı bildirilmiştir (Hashemimajd vd., 2004; Arancon vd., 2006; Uma ve Malathi, 2009). Ek olarak organik madde kaynaklarının toprakta fosforun yarayışsız hale dönüşmesine engel olduğu ve böylece bitkilerin fosforu daha kolay alabildiği belirlenmiştir (Kacar ve Kovancı, 1982). 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 rapor etmişlerdir. Bu çalışmada ise hem kompost hem de vermikompost uygulamalarının marul bitkisinin fosfor konsantrasyonunu üzerine istatistiki olarak anlamlı düzeyde etki ettiği görülmüştür.

Potasyum değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.6) ortalama değerler itibariyle kompost uygulamasının fosfor konsantrasyonunu artırdığı ancak artışın anlamlı olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür. Yine ortalama değerler itibariyle dozlar arasında kontrolün en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde en yüksek değerin kompost uygulamasının 4000 kg da^{-1} dozunda olduğu ancak etkileşimler arasında belirlenen farkların önemli olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür. Adiloğlu vd. (2018) tarafından marul bitkisinde yapılan çalışmada kontrol grubu ve vermikompost uygulamaları arasında potasyum içeriği yönünden önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Özen (2018) tarafından marulda artan dozda vermikompost uygulamasının potasyum içeriğini azalttığı bildirmiştir. Çıtak vd. (2011), vermikompostun toprak reaksiyonu üzerine etkili olduğunu, buna bağlı olarak yüksek dozların N, P, K ve Mg içeriği üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu rapor etmişlerdir. 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 (Çizelge 4.16) 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^{-1} dozunda belirlenmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamalarının etkileşimleri değerlendirildiğinde ise en yüksek değer vermikompost uygulamasının 4000 kg da^{-1} dozunda olduğu tespit edilmiştir. Jones vd. (1991), marul bitkisinin magnezyum içeriğinin %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^{-1} dozunda belirlenen Mg değeri yeterli, diğer tüm dozlardaki değerler ise noksan sınıfta yer almaktadır.

Durak vd. (2017), marula vermikompost uygulamasının Mg içeriğini kontrol uygulamasına göre artırdığını, en yüksek değere 300 kg da^{-1} dozunda 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⁻¹ dozu haricindeki uygulamalarda Mg konsantrasyonunda önemli bir artışın olmadığı tespit edilmiştir. Benzer biçimde Adiloğlu vd. (2018), kontrol ve vermikompost dozları uygulamaları arasında magnezyum içeriği bakımından önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir.

4.5. Seçilen Bazı Mikro Elementlerin Bitkideki Konsantrasyonları

Marul yapraklarında belirlenen çinko, mangan ve bakır konsantrasyonları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bitkide belirlenen Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları

VK/K	Dozlar (kg da ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
Vermikompost	0	24.2 cd	73.9 b	11.3
	1000	21.8 cd	53.5 bc	12.9
	2000	43.9 a	26.5 d	4.8
	4000	27.5 bc	100.2 a	8.8
Kompost	0	18.1 d	63.9 b	19.7
	1000	24.3 cd	76.3 ab	12.5
	2000	34.4 b	35.4 cd	8.3
	4000	18.0 d	38.6 cd	8.4
Ortalamalar				
Vermikompost		29,4 A	63,5 A	9,5
Kompost		23,7 B	53,6 B	12,2
Dozlar	0	21.1 B	68.9 A	15.5 A
	1000	23.1 B	64.9 A	12.7 AB
	2000	39.2 A	31.0 B	6.6 B
	4000	22.7 B	69.4 A	8.6 AB
ANOVA				
F _{VK/K}		20.17 ***	8.01 *	1.72 ÖD
F _{Doz}		44.76 ***	27.61 ***	3.60 *
F _{VK/K x Doz}		5.01 **	27.55 ***	0.99 ÖD

***: p<0.001; **: p<0.01; *: p<0.05; ÖD: önemli değil

Belirlenen Zn değerleri (Çizelge 4.7) ortalama değerler itibariyle incelendiğinde vermikompost uygulamasının Zn konsantrasyonunu belirgin biçimde artırdığı görülmüştür. Dozlar arasında ise en yüksek çinko konsantrasyonu 2000 kg da⁻¹

dozundan elde edilmiştir. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamalarının interaksyonları değerlendirildiğinde ise en yüksek Zn konsantrasyonunun vermikompost uygulamasının 2000 kg da⁻¹ dozunda olduğu tespit edilmiştir. Ali vd. (2007), çinko içeriğini artırmada vermikompostun, komposttan daha etkili olduğunu bildirmiştir. Hernandez vd. (2010), marulun çinko içeriğinin organik gübrelerden çok mineral gübrelerden etkilendiğini ve bitkinin çinko içeriğinin 35 – 45 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Benzer biçimde Hınıslı (2014), kıvırcık marulda vermikompost uygulamalarının bazı dozlarında en düşük çinko içeriğine ulaşıldığını, genel olarak bitkinin çinko konsantrasyonlarının 17.1 ile 62.9 mg kg⁻¹ arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Durak vd. (2017) ise, vermikomost uygulamasının çinko içeriğini artırdığını ve bu artışın uygulama dozu artışı ile uyumlu olduğunu, çinko konsantrasyonlarının 23.1 ile 54.9 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, en yüksek çinko konsantrasyonuna 300 kg da⁻¹ vermikompost uygulamasında ulaşıldığını belirlemiştir. Jones vd. (1991), marul bitkisinde çinko içeriğinin 20 – 24 mg kg⁻¹ aralığında noksan seviyede, 25 – 250 mg kg⁻¹ arasında yeterli, 250 mg kg⁻¹ ve üzerinde ise fazla miktarda olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada belirlenen çinko konsantrasyonlarının yeterli sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Mangan konsantrasyonlarına ilişkin ortalama değerler (Çizelge 4.7) itibariyle kompost uygulamasından daha yüksek değerler elde edilmiştir. Dozlar arasında ise en yüksek mangan konsantrasyonunun 4000 kg da⁻¹ dozunda olduğu görülmüştür. Dozlar ile vermikompost ve kompost uygulamaları bir arada değerlendirildiğinde ise en yüksek mangan değerinin vermikompost uygulamasının 4000 kg da⁻¹ dozunda olduğu tespit edilmiştir. Hernandez vd. (2010), marul bitkisi kullanarak yürüttükleri çalışmalarında mangan konsantrasyonunun 44 – 65 mg kg⁻¹ arasında değişiklik gösterdiğini, en yüksek mangan konsantrasyonuna ise vermikompost uygulamasında ulaşıldığını bildirmişlerdir. Hınıslı (2014), marul bitkisinin mangan konsantrasyonunu 9.92 – 25.53 mg kg⁻¹ aralığında bulmuştur. Bu bulgulardan farklı olarak Özen (2018), organik materyal uygulama dozuna bağlı olarak marul bitkisinin yaprak mangan içeriğinin azaldığı bildirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler vermikompost uygulamasının 4000 kg da⁻¹ dozu haricinde, doz artışına bağlı olarak mangan konsantrasyonunda azalma meydana geldiğini göstermiştir. Jones vd. (1991), marul bitkisinin mangan içeriğinin 10 – 14 mg kg⁻¹ aralığında noksan, 15 – 250 mg kg⁻¹ arasında yeterli, 250 mg kg⁻¹ 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 (Çizelge 4.7) 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 rapor edilmiştir (Eryüksel, 2016). Jones vd. (1991), marul bitkisinin bakır içeriğinin 5 – 7 mg kg⁻¹ aralığında noksan, 8 – 25 mg kg⁻¹ arasında yeterli, 25 mg kg⁻¹ ve üzerinde ise fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu bilgiler ışığında bu çalışmadan elde edilen sonuçlar bakır içeriklerinin yeterli seviyede olduğunu göstermektedir.

4.6. Belirlenen Parametreler Arasındaki İlişkiler

Çalışmada belirlenen parametrelerin birbiri ile ilişkileri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular incelendiğinde verim ile kuru ağırlık ve azot konsantrasyonu arasında yüksek pozitif ilişki olduğu görülmüştür (p<0.001). Verimle boy özelliği arasında p<0.01 düzeyinde ilişki olduğu, yine verimle bitki eni arasında düşük düzeyde pozitif; verimle ve magnezyum arasında düşük düzeyde negatif ilişki olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Verimle diğer parametreler arasındaki ilişkiler ise önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Kuru ağırlık ile bitki boyu, bitki eni ve azot içeriği arasında p<0.01 düzeyinde pozitif ilişki belirlenirken, mangan içeriğinde p<0.05 düzeyinde negatif ilişki gözlenmiştir.

Çizelge 4.8. Denemede belirlenen parametreler arasındaki ilişkiler

	Verim	KA	KKA	Boy	En	Kroma	HUE	SPAD	N	P	K	Mg	Zn	Mn
KA	0.694***													
KKA	0.369 ^{ÖD}	0.397 ^{ÖD}												
Boy	0.562**	0.515**	0.217 ^{ÖD}											
En	0.471*	0.528**	0.538**	0.515**										
Kroma	0.297 ^{ÖD}	0.230 ^{ÖD}	0.129 ^{ÖD}	-0.010 ^{ÖD}	-0.046 ^{ÖD}									
HUE	0.368 ^{ÖD}	0.215 ^{ÖD}	0.116 ^{ÖD}	0.099 ^{ÖD}	-0.070 ^{ÖD}	0.552**								
SPAD	-0.060 ^{ÖD}	-0.065 ^{ÖD}	-0.295 ^{ÖD}	0.143 ^{ÖD}	-0.256 ^{ÖD}	0.141 ^{ÖD}	0.206 ^{ÖD}							
N	0.629***	0.601**	0.159 ^{ÖD}	0.356 ^{ÖD}	0.308 ^{ÖD}	0.457*	0.521**	0.102 ^{ÖD}						
P	-0.146 ^{ÖD}	0.111 ^{ÖD}	0.026 ^{ÖD}	0.033 ^{ÖD}	-0.273 ^{ÖD}	0.182 ^{ÖD}	0.160 ^{ÖD}	-0.080 ^{ÖD}	0.313 ^{ÖD}					
K	0.023 ^{ÖD}	0.177 ^{ÖD}	-0.212 ^{ÖD}	0.088 ^{ÖD}	0.007 ^{ÖD}	0.401 ^{ÖD}	0.229 ^{ÖD}	0.000 ^{ÖD}	0.428*	0.236 ^{ÖD}				
Mg	-0.429*	-0.328 ^{ÖD}	-0.525**	-0.175 ^{ÖD}	-0.705***	0.005 ^{ÖD}	0.021 ^{ÖD}	0.293 ^{ÖD}	-0.354 ^{ÖD}	0.367 ^{ÖD}	-0.006 ^{ÖD}			
Zn	0.401 ^{ÖD}	0.157 ^{ÖD}	-0.131 ^{ÖD}	0.067 ^{ÖD}	0.043 ^{ÖD}	0.378 ^{ÖD}	0.351 ^{ÖD}	0.274 ^{ÖD}	0.250 ^{ÖD}	-0.298 ^{ÖD}	-0.013 ^{ÖD}	-0.165 ^{ÖD}		
Mn	-0.372 ^{ÖD}	-0.467*	-0.424*	-0.209 ^{ÖD}	-0.609**	-0.404*	-0.372 ^{ÖD}	0.093 ^{ÖD}	-0.471*	0.072 ^{ÖD}	-0.152 ^{ÖD}	0.562**	-0.349 ^{ÖD}	
Cu	-0.309 ^{ÖD}	-0.302 ^{ÖD}	-0.159 ^{ÖD}	-0.106 ^{ÖD}	0.098 ^{ÖD}	-0.503*	-0.601**	-0.378 ^{ÖD}	-0.430*	-0.186 ^{ÖD}	0.084 ^{ÖD}	0.129 ^{ÖD}	-0.464*	0.327 ^{ÖD}

KA: Kuru Ağırlık, KKA: Kök Kuru Ağırlığı

***: p<0.001; **: p<0.01; *: p<0.05; ^{ÖD}: önemli değil

Kök kuru ağırlığı ile bitki eni arasında $p < 0.01$ düzeyinde pozitif, magnezyum arasında $p < 0.01$ düzeyinde negatif ve Mn arasında $p < 0.05$ düzeyinde negatif ilişkilerin olduğu görülmüştür. Bitki boyu ile belirlenen parametreler arasındaki tek ilişki bitki eniyle $p < 0.01$ düzeyinde olmuştur. Bitki eniyle magnezyum ve mangan içerikleri arasında $p < 0.001$ ve $p < 0.01$ düzeylerinde negatif ilişki belirlenmiştir. Kroma değeri ile HUE değeri arasında $p < 0.01$ düzeyinde, azot ile $p < 0.05$ düzeyinde pozitif ilişkiler belirlenirken, kroma ile mangan ve kroma ile bakır konsantrasyonları arasında $p < 0.05$ düzeyinde negatif ilişki görülmüştür. SPAD değerleri hiçbir parametre ile anlamlı düzeyde ilişkili bulunmamıştır. Azot ile potasyum arasında $p < 0.05$ düzeyinde pozitif, azot ile mangan ve azot ile bakır arasında $p < 0.05$ düzeyinde negatif ilişki görülmüştür. Bu ilişki denede belirlenen düşük bakır konsantrasyonunun nedenini açıklar niteliktedir. Magnezyumla mangan arasında $p < 0.01$ düzeyinde pozitif ilişki belirlenirken, Zn ile Cu arasında $p < 0.05$ düzeyinde negatif ilişki izlenmiştir.

4.7. 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 yarıyışlı formları analiz edilmiştir. Belirlenen N, P, K ve Mg konsantrasyonları Çizelge 4.9'da, Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Toprakta belirlenen azot konsantrasyonları arasında belirgin farklar bulunmuş olmakla beraber, dozlar dışında bu farkların istatistiki olarak anlamlı olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.9) ($p > 0.05$). Doz ortalamaları, toprakta kalan azot miktarının uygulamalardan etkilendiğini göstermiş, en yüksek artış azotun en yüksek organik substrat uygulamalarında olduğu görülmüştür. Ortalama değerler itibariyle vermikompost uygulamasında daha yüksek fosfor bulunduğu, dozlar arasında 2000 ve 4000 kg da⁻¹ dozlarının diğerlerinden daha fazla fosfor içerdiği, interaksyonlar arasında ise en yüksek değer vermikompostun 2000 ve 4000 kg da⁻¹ dozlarında olduğu tespit edilmiştir. Potasyum içeriği bakımından değerler arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklar görülmemiştir. Ancak genel eğilim artan dozların toprakta kalan potasyumu artırdığı yönündedir. Magnezyum konsantrasyonları

incelendiğinde, interaksiyonların istatistiki olarak önemli olmadığı, ortalamalar itibariyle vermikompost uygulamasında daha yüksek Mg kaldığı, dozlar arasında 4000 kg da⁻¹ dozunun ön plana çıktığı ve diğer dozlar arasında fark bulunmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.9. Hasat sonrası toprakta belirlenen N, P, K ve Mg konsantrasyonları

VK/K	Dozlar (kg da ⁻¹)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)
Vermi- kompost	0	0.173	48.9 c	626	222
	1000	0.202	63.5 bc	586	215
	2000	0.191	90.3 a	589	238
	4000	0.225	86.9 a	735	259
Kompost	0	0.170	49.1 c	630	205
	1000	0.097	66.3 b	630	212
	2000	0.214	68.6 b	726	191
	4000	0.265	78.1 ab	727	231
Ortalamalar					
Vermikompost		0.198	72.4 A	634	234 A
Kompost		0.186	65.6 B	678	210 B
Dozlar	0	0.171 AB	49.0 C	628	213 B
	1000	0.149 B	64.9 B	608	214 B
	2000	0.203 AB	79.5 A	658	215 B
	4000	0.245 A	82.5 A	731	245 A
ANOVA					
F _{VK/K}		0.25 ÖD	10.26 **	1.53 ÖD	8.70 **
F _{Doz}		3.36 *	51.56 ***	2.26 ÖD	3.75 *
F _{VK/K x Doz}		2.04 ÖD	6.73 **	0.85 ÖD	1.29 ÖD

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 yararlı hale dönmesine engel olmakta (Kacar ve Kovancı, 1982), bu sayede hasat sonrası dahi toprakta var olan yararlı 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 (Çizelge 4.10) uygulamalardan belirgin biçimde etkilenmiştir. Vermikompost ile kompost arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı değildir. Dozlar arasında en yüksek değerler 2000 ve 4000 kg da⁻¹ dozlarında bulunurken, interaksiyonlarda en yüksek değer kompost uygulamasının 4000 kg da⁻¹ 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⁻¹ dozlarında, toprakta kalan çinko miktarının kontrolden dahi düşük olduğu, 4000 kg da⁻¹ dozunda ise en yüksek çinko değerine ulaşıldığı görülmüştür. İnteraksiyonlarda en yüksek değer vermikompostun 4000 kg da⁻¹ dozunda bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Hasat sonrası toprakta belirlenen Fe, Zn, Mn, Cu konsantrasyonları

VK/K	Dozlar (kg da ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
Vermikompost	0	5.41 e	3.43 b	26.8 ab	2.04
	1000	6.72 cd	2.36 cd	25.0 ab	2.49
	2000	7.98 ab	2.45 cd	28.6 ab	2.70
	4000	6.84 bc	5.25 a	22.0 b	4.06
Kompost	0	5.48 de	3.49 b	25.3 ab	1.98
	1000	6.12 cde	1.92 d	23.7 ab	2.41
	2000	7.27 bc	2.54 cd	24.2 ab	2.30
	4000	8.73 a	2.86 bc	29.7 a	2.64
Ortalamalar					
Vermikompost		6.74	3.37 A	25.6	2.82
Kompost		6.90	2.70 B	25.7	2.33
Dozlar	0	5.44 C	3.46 B	26.1	2.01 B
	1000	6.42 B	2.14 C	24.4	2.45 AB
	2000	7.63 A	2.50 C	26.4	2.50 AB
	4000	7.78 A	4.06 A	25.9	3.35 A
ANOVA					
F _{VK/K}		0.84 ÖD	29.83 ***	0.01 ÖD	3.39 ÖD
F _{Doz}		37.40 ***	51.05 ***	0.41 ÖD	4.46 *
F _{VK/K x Doz}		11.16 ***	22.94 ***	3.62 *	1.43 ÖD

Mangan içeriğinde 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^{-1} 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 (Dominguez, 2004) komposta göre mineralizasyon hızı daha yüksek olmuş olabilir. Bu durum vermikompost uygulamasında 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 olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada pirinanın yer aldığı karışımların solucan varlığında ve solucan olmadan inkübasyona tutulması, bu esnada hem fenol içeriğinin azaltılması hem de topraklarda güvenle kullanılabilecek bir organik gübrenin elde edilmesi ve ayrıca sözü edilen kompostların uygulaması ile marulun bitki besin elementi içeriğinin artırılması hedeflenmiştir. 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 aşılmasıyla elde edilen vermikompost sürecinde fenolik madde içeriğindeki azalma eğilimi normal komposta göre daha fazla olmuştur. Bu durum solucanların bulunduğu ortamda mikrobiyal aktivitenin de yüksek olması, mikroorganizmaların fenolik maddeleri parçalaması ile ilişkilendirilmiştir. Kompost materyallerinden bitki fenolik madde miktarları yönünde elde edilen sonuçlar, vermikompostun oldukça belirgin biçimde bitkiye fenolik madde geçişini azalttığını göstermiştir. Denemeye konu edilen en yüksek dozda vermikompost uygulamasında bitki fenolik madde miktarı, kompost uygulamasının yaklaşık yarısı kadar olmuştur. Bu durum fenolik madde benzeri organik kirleticilerin bulunduğu yetiştirme ortamlarına solucan aşılmasının bu maddelerin bitkiye geçişini azaltabileceğine işaret etmektedir. Verim bakımından vermikompost ile kompost arasında anlamlı fark görülmemiştir. Ancak kuru ağırlık değerleri kompost uygulamasında daha yüksek olmuştur. Bitki yaprağında yapılan Kroma, HUE, SPAD değerlerinin hiçbirinde vermikompost ve kompost uygulamaları arasında istatistiki fark görülmemiştir. 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. Zira yaprakların homojen olmaması nedeniyle farklı bölgelerinde yapılan ölçümlerden farklı sonuçlar alınabilmekte, bu durumda da yüksek varyasyonlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Ölçüm sayısının artırılması ile yaprağın daha fazla temsilinin sağlanmasının bu olumsuzluğu ortadan kaldıracabileceği düşünülmektedir.

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 mikrobiyal olarak daha aktif olması ile ilişkilidir. Hasat sonrası analiz edilen parametreler arasında istatistiki olarak fark bulunan 3 parametrenin tümünde (P, Mg, Zn) vermikompost uygulamasından elde edilen değerler daha yüksek bulunmuştur.

Belirlenen parametrelere bakılarak istenilen özelliğe ulaşılması için doz belirlenmesi mümkün olabilir. Ancak organik maddenin mineralizasyonunu etkileyen çevresel faktörlerin hassas bir hesaplama olanağı 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 belirlenmiştir. Solucanlar buldukları ortamda yeterince besin elementi sağlayamadıkları durumda veya ortamda onları rahatsız eden bir durumun gelişmesi durumunda buldukları ortamı terk etme eğilimindedirler. Bu deneme de solucanlar aşılıdıktan 69 gün sonra solucanlar ortamdaki kaçma eğilimine girmiş, bu nedenle süreç sonlandırılmıştır. Bu nokta her ne kadar vermikompost eldesi için yeterli olsa da, normal kompost üretimi için yeterli olmayabilir. 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 yığınlara 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, pirinin ana bileşen olduğu karışımdan solucanlar yardımıyla vermikompost elde edilmesinin ve bu vermikompostun 1000 ila 2000 kg da⁻¹ dozlarının kullanılmasının önerilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abu-Zreig, M., & Al-Widyan, M. (2002). Influence of olive mills solid waste on soil hydraulic properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(3-4), 505-517. <https://doi.org/10.1081/CSS-120002760>
- Adhikary, S. (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*, 3(7), 905-917. <https://doi.org/10.4236/as.2012.37110>
- Adiloğlu, S., Eryılmaz Açıkgöz, 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, C., Candemir, S., & Orhan, E. (2005). Türkiye’de yaş meyve ve sebze ürünleri üretim ve pazarlaması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2), 96-107.
- Akbay, F. (2012). *Farklı Azot Dozlarında Yetiştirilen Marulda (Lactuca sativa L.) Paenibacillus Polymyxa Uygulamalarının Verim, Bitki Gelişimi ve Besin Elementi İçeriğine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Alas, E. (2016). *Bitki Antifiriz ve Farklı Yetiştirme Sistemlerinin Marul Yetiştiriciliğinde Verim, Bazı Kalite Özellikleri ve Besin Maddesi İçeriğine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Albuquerque, J. A., González, J., Garcia, D., & Cegarra, J. (2004). Agrochemical characterisation of “alperujo”, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*, 91(2), 195-200. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00177-9](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00177-9)
- 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.anifeedsci.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>
- 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>
- Amici, A., Verna, M., & Martillotti, F. (1991). Olive by-products in animal feeding: improvement and utilization. *Options Méditerranéennes*, 16, 149-152.

- Anonim (2022). BAÜN Edremit Myo zeytincilik ve zeytin işleme teknolojisi programı. http://mucahitkivrak.baun.edu.tr/index_dosyalar/116-zeytinyagi-uretim-teknolojisi-21-pirina-yagi.pdf (Son erişim tarihi: 20 Temmuz 2022)
- 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>
- Arancon, N. Q., Galvis, P. A., & Edwards, C. A. (2005). Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology*, 96(10), 1137-1142. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.10.004>
- Aslam, Z., Bashir, S., Hassan, W., Bellitürk, K., Ahmad, N., Niazi, N. K., & 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>
- Attom, M. F., & Al-Sharif, M. M. (1998). Soil stabilization with burned olive waste. *Applied Clay Science*, 13(3), 219-230. <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(özel sayı-1), 311-316. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.280212>
- Bakırlıoğlu, D. (2006). *Avrupa Birliği'ndeki Önemli Zeytinyağı İhracatçıları ve Türkiye*. (Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü)
- 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)
- Biradar, A. Á., Sunita, N. D., Teggelli, R. G., & Devaranavadgi, S. B. (1998). Effect of vermicomposts on the incidence of subabul psyllid. *Insect Environment*, 4(2), 55-56. <https://doi.org/10.2307/4613615>
- Bisbis, M. B., Gruda, N., & Blanke, M. (2018). Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality—A review. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1602-1620. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.224>
- 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>

- Campitelli, P., & Ceppi, S. (2008). Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 90(1), 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2007.08.001>
- 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)
- 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)
- Çakırer, G. Y. (2015). *Çeltik Kavuzunun Topraksız Kültür Salata (Lactuca sativa var. Crispata) Yetiştiriciliğinde Kullanılma Olanakları*. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çelik, A., & Baran, M. F. (2018). Adıyaman ili toprak yapısı ve tarımsal mekanizasyon durumu. In *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar*. (pp. 61-74)
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., & Yasin, 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. P. S. S. H., & Kaplan, M. (2001). Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Marulda Verim, Kalite ve Bitki Besin Maddeleri Alımına Etkileri. *Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu*. 14-16 Kasım, Antalya, 69-77.
- Demir, H., Polat, E., & Sönmez, İ. (2010). Ülkemiz için yeni bir organik gübre: solucan gübresi. *Tarım Aktüel*, 14, 54-60.
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2011). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Sustainable Agriculture*, 2, 761-786. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_34
- Domínguez, J. (2023). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research: 18 years of progress. In *Vermicomposting for Sustainable Food Systems in Africa*. (pp. 27-44)

- Domínguez, J., Aira, M., & Gómez-Brandón, M. (2010). Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. In *Microbes at Work: From Wastes to Resources*. (pp. 93-114)
- 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>
- Duru, A. A., & Şerafettin, K. (2015). Zeytin posası silajının hayvan beslemede kullanım olanakları. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 64-71.
- Eryüksel, S. (2016). *Farklı Oranlarda Vermikompost Uygulamasının Bazı Sebzelerin Besin Elementi İçeriklerine 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.). *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(3), 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033050>
- Gartrell, J. W. (1981). Distribution and correction of copper deficiency in crops and pastures. In *Copper in Soils and Plants*. (pp. 313-354)
- Göçmez, S. (2013). Karasu kekinin vermicompost üretiminde kullanım olanakları. *Tema Vakfı Ulusal Vermikültür Çalıştayı*, 16, 40-51.
- Gruda, N. S. (2019). Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomy*, 9(6), 298. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060298>
- Gün, A. (2019). *Marulda (Lactuca sativa L. var. crispata) Organik Gübrelerin Verim ve Kaliteye Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- 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>
- Hashemimajd, 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)
- Jackson, M. (1967). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited.
- Jones Jr, J. B., Wolf, B., & Mills, H. A. (1991). *Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing, Inc.
- Kacar, B., & Kovancı, İ. (1982). *Bitki, Toprak ve Gübrelerde Kimyasal Fosfor Analizleri ve Değerlendirilmesi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Kacar, B., & Katkat, V. A. (2015). *Bitki Besleme*. Nobel Yayınları.
- 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>
- Karaca, C., & Aydın, H. (2023). Energy Analysis in Olive Production in Turkey: An Example of Hatay Province. *Erwerbs-Obstbau*, 65(2), 331-336. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00805-4>
- Karaouzas, I., Skoulikidis, N. T., Giannakou, U., & Albanis, T. A. (2011). Spatial and temporal effects of olive mill wastewaters to stream macroinvertebrates and aquatic ecosystems status. *Water Research*, 45(19), 6334-6346. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.09.014>
- Kashem, M. A., Sarker, A., Hossain, I., & Islam, M. S. (2015). Comparison of the effect of vermicompost and inorganic fertilizers on vegetative growth and fruit production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Open Journal of Soil Science*, 5(02), 53. <https://doi.org/10.4236/ojss.2015.52006>
- Keser, O., & Bilal, T. (2010). Zeytin sanayi yan ürünlerinin hayvan beslemede kullanım olanakları. *Hayvansal Üretim*, 51(1), 64-72.
- Khosravi, A., Zarei, M., & Ronaghi, A. (2018). Effect of PGPR, phosphate sources and vermicompost on growth and nutrients uptake by lettuce in a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 41(1), 80-89. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1381727>
- Komnitsas, K., Modis, K., Doula, M., Kavvadias, V., Sideri, D., & Zaharaki, D. (2016). Geostatistical estimation of risk for soil and water in the vicinity of

olive mill wastewater disposal sites. *Desalination and Water Treatment*, 57(7), 2982-2995. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.983988>

- Kostas, E. T., Durán-Jiménez, G., Shepherd, B. J., Meredith, W., Stevens, L. A., Williams, O. S., & 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>
- Köse, M. A. (2015). *Humus ve Humik Asit Uygulamalarının Marulda Besin Elementi Alımı ve Verim Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kul, R. (2014). *Balık Gübresi, Mineral Gübre ve Kombinasyonlarının Marulda (Lactuca sativa L.) Bitki Gelişimi ve Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Lagoudianaki, E., Manios, T., Geniatakis, M., Frantzeskaki, N., & Manios, V. (2003). Odor control in evaporation ponds treating olive mill wastewater through the use of Ca (OH) 2. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 38(11), 2537-2547. <https://doi.org/10.1081/ESE-120024445>
- León, A. P., Martín, J. P., & Chiesa, A. (2012). Original research article vermicompost application and growth patterns of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agricultura Tropica et Subtropica*, 45(3), 134-139. <https://doi.org/10.2478/v10295-012-0022-7>
- Lynch, J. (1995). Root architecture and plant productivity. *Plant Physiology*, 109(1), 7-7. <https://doi.org/10.1104/pp.109.1.7>
- 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), 105-105. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010105>
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254>
- Mou, B. (2008). Lettuce. In *Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. (pp. 75-116)
- Moubarik, A., & Grimi, N. (2015). Valorization of olive stone and sugar cane bagasse by-products as biosorbents for the removal of cadmium from aqueous solution. *Food Research International*, 73, 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.050>
- Nakasone, A. K., Bettiol, W., & De Souza, R. M. (1999). The effect of water extracts of organic matter on plant pathogens. *Summa Phytopathologica*, 25(4), 330-335.

- Neilsen, G. H., & Hogue, E. J. (1986). Some factors affecting leaf zinc concentration of apple seedlings grown in nutrient solution. *HortScience*, 21(3), 434-436. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.21.3.434>
- Niaounakis, M., & Halvadakis, C. P. (2006). *Olive Processing Waste Management: Literature Review and Patent Survey*. Publication of Elsevier.
- Noble, R., & Coventry, E. (2005). Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review. *Biocontrol Science and Technology*, 15(1), 3-20. <https://doi.org/10.1080/09583150400015904>
- Ntougias, S., Gaitis, F., Katsaris, P., Skoulika, S., Iliopoulos, N., & Zervakis, G. I. (2013). The effects of olives harvest period and production year on olive mill wastewater properties–Evaluation of *Pleurotus* strains as bioindicators of the effluent's toxicity. *Chemosphere*, 92(4), 399-405. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.033>
- Oktar, A., Çolakoğlu, A., Işıklı, T., & Acar, H. (1983). *Zeytinyağı ve Teknolojisi*. Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Okut, H. (2015). Tarımsal verilerin değerlendirilmesinde kullanılan veri madenciliği teknikleri. In *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*. (pp. 238-254)
- Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239-262. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7)
- Omar, S. H. (2010). Oleuropein in olive and its pharmacological effects. *Scientia Pharmaceutica*, 78(2), 133-154. <https://doi.org/10.3797/scipharm.0912-18>
- Orlikowski, L. Á. (1999). Vermicompost extract in the control of some soil-borne pathogens. *International Symposium on Crop Protection*, 64, 405-410.
- Öcal, A. (2005). *Zeytinyağı Atık Suyu ve Pirinanın Bitki Yetiştirilmesinde Kullanım Olanaklarının Anlaşılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özen, N. (2018). *Marul Bitkisinin Verim ve Kalitesi Üzerine Farklı Mineralizasyon Oranlarına Sahip Organik Uygulamaların Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Pavlidou, A., Anastasopoulou, E., Dassenakis, M., Hatzianestis, I., Paraskevopoulou, V., Simboura, N., & Drakopoulou, P. (2014). Effects of olive oil wastes on river basins and an oligotrophic coastal marine ecosystem: a case study in Greece. *Science of the Total Environment*, 497, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.088>

- Polat, E., An, O., & Demir, H. (2004). Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 149-154.
- Porto, L. N. R., Mariano, E. D. A., & Cardoso, J. C. (2023). Composting of fresh vegetable residues and its application in lettuce cultivation. *Horticultura Brasileira*, 41, e2545. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-2023-e2545>
- Ramesh, P. (2000). Effect of vermicompost and vermiculture on the damage of sucking pests to groundnut (*Arachis hypogea*). *Indian Journal Agriculture Sciences*, 70(5), 344-347.
- Ranalli, A., & Martinelli, N. (1995). Integral centrifuges for olive oil extraction, at the third millenium threshold. Transformation yields. *Grasas y aceites*, 46(4-5), 255-263. <https://doi.org/10.3989/gya.1995.v46.i4-5.934>
- Rao, K. R. (2002). Induced host plant resistance in the management of sucking insect pests of groundnut. *Annals of Plant Protection Sciences*, 10(1), 45-50.
- Ruiz-Méndez, M. V., Romero, C., Medina, E., García, A., De Castro, A., & Brenes, M. (2013). Acidification of Alperujo paste prevents off-odors during their storage in open air. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90, 401-406. <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2172-1>
- Richards, L. A. (1947). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. *Soil Science*, 64(5), 432-432.
- Souilem, S., El-Abbassi, A., Kiai, H., Hafidi, A., Sayadi, S., & Galanakis, C. M. (2017). Olive oil production sector: Environmental effects and sustainability challenges. In *Olive Mill Waste*. (pp. 1-28)
- Sönmez, F. (2003). *Aritma Çamuru ve Humik Asit Uygulamalarının Marulun Verim, Besin Elementi ve Ağır Metal İçeriğine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Basılmamış, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Spoon, M. D., Benedict, J., Leontos, C., & Zepponi, N. K. (1998). Increasing fruit and vegetable consumption among middle school students: implementing the 5-a-day program. *Journal of Extension*, 36(4), 4FEA4.
- 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(2/3), 157-160.
- Tercan, S. (2009). *Zeytinyağı Fabrikası Atıklarında Polifenol Analizi ve Isıl İşlemlerin Prina Ekstraktlarının Polifenol Konsantrasyonuna ve Antioksidan Aktivitesine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Termorshuizen, A. J., Van Rijn, E., Van Der Gaag, D. J., Alabouvette, C., Chen, Y., Lagerlöf, J., & Zmora-Nahum, S. (2006). Suppressiveness of 18 composts

- against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(8), 2461-2477. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.03.002>
- Trewavas, A. (2001). Urban myths of organic farming. *Nature*, 410(6827), 409-410 <https://doi.org/10.1038/35068639>
- Trillas, M. I., Casanova, E., Cotxarrera, L., Ordovás, J., Borrero, C., & Avilés, M. (2006). Composts from agricultural waste and the *Trichoderma asperellum* strain T-34 suppress *Rhizoctonia solani* in cucumber seedlings. *Biological Control*, 39(1), 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.05.007>
- Tunç, M. H. (2021). Bölüm 6 organik atıkların kaliteli gübreler olarak toprakla yeniden buluşturulması süreci. In *Değişen Bir Dünyada Sürdürülebilir Tarım Yönetimi*. (pp. 155-180)
- Uma, B., & Malathi, M. (2009). Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of *Amaranthus* species. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(6), 1054-1060.
- Uz, İ., & Kaplan, M. (2013). Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine vermikompostun etkisi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 26(2), 115-120.
- Vossen, P. (2007). Olive oil: history, production, and characteristics of the world's classic oils. *HortScience*, 42(5), 1093-1100. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.5.1093>
- Yağmur, B., & Bülent, O. (2018). Bazı doğal toprak düzenleyicilerin mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin verim parametreleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4), 111-120. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.419225>
- 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, November* (pp. 2-4).
- Yücecan, S., & Ekinciler, T. (1973). Sebzelelerin beslenmemizdeki yeri ve kullanılması. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 2(3), 198-207.
- Zaller, J. G. (2007). Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *European Journal of Soil Biology*, 43(1), 332-336. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.020>

ÖZGEÇMİŞ

