

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI



**PIRİNADAN ÜRETİLEN ASİTLEŞTİRİLMİŞ VERMİKOMPOSTUN  
KALKERLİ BİR TOPRAKTA FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE  
TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE BİBER GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Belkıs KARAPIÇAK**

Danışman

**Prof.Dr.Coşkun GÜLSER**

SAMSUN

2022

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Belkis KARAPIÇAK** tarafından, **Prof. Dr. Coşkun GÜLSER** danışmanlığında hazırlanan “**PİRİNADAN ÜRETİLEN ASİTLEŞTİRİLMİŞ VERMİKOMPOSTUN KALKERLİ BİR TOPRAKTA FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE BİBER GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 20.7.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

|               | <b>Unvanı Adı Soyadı</b><br><b>Üniversitesi</b><br><b>Ana Bilim/Ana Sanat Dalı</b> | <b>İmza</b> | <b>Sonuç</b>  |
|---------------|--|-------------|---|
| <b>Başkan</b> | Prof. Dr. XXXX XXXX<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>..... Anabilim Dalı           |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |
| <b>Üye</b>    | Dr. Öğr. Üyesi XXXX XXXX<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>..... Anabilim Dalı      |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |
| <b>Üye</b>    | Doç. Dr. XXXX XXXX<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>..... Anabilim Dalı            |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |
| <b>Üye</b>    | Prof. Dr. XXXX XXXX<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>..... Anabilim Dalı           |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |
| <b>Üye</b>    | Prof. Dr. XXXX XXXX<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>..... Anabilim Dalı           |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...  
i

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet  (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

20 /07 / 2022

Belkıs KARAPIÇAK

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı:** PİRİNADAN ÜRETİLEN ASİTLEŞTİRİLMİŞ VERMİKOMPOSTUN KALKERLİ BİR TOPRAKTA FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE BİBER GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 11/06/2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 11

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

İmza

20/07/ 2022

Prof. Dr. Coşkun GÜLSER

## ÖZET

### PİRİNADAN ÜRETİLEN ASİTLEŞTİRİLMİŞ VERMİKOMPOSTUN KALKERLİ BİR TOPRAKTA FARKLI SULAMA SEVİYELERİNDE TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE BİBER GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Belkıs KARAPIÇAK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Temmuz/2022

Danışman: Prof.Dr.Coşkun GÜLSER

Bu çalışmada ahır gübresi ve zeytinyağı fabrikası atığı pirina kullanılarak elde edilen orijinal ve asitleştirilmiş vermikompost materyallerinin iki farklı sulama seviyesinde kireçli killi tın bünyeli toprağın bazı özelliklerine ve biber bitkisinin gelişimine etkileri araştırılmıştır. Ahır gübresi tek başına (V) ve 1:1 oranında pirina (VP) ile karıştırıldıktan sonra *Eisenia fetida* türü solucanlarla kompostlanarak 2 farklı vermikompost elde edilmiştir. Elde edilen vermikompost materyallerinin pH değeri sitrik asitle 5.0-5.5 aralığına getirilerek asitleştirilmiş ahır gübresi (AV) ve ahır gübresi pirina karışımı (AVP) vermikompostlar elde edilmiştir. Elde edilen dört farklı vermikompost materyalinin (V, VP, AV, AVP) %0, %1 ve %2 dozları 3 tekrarlamalı olacak şekilde killi tın bünyeli bir toprağa ilave edilmiştir. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında toprak vermikompost karışımlarına ait saksılar günlük olarak tartılmış, bitkiye yarayışlı suyun %100 (tam sulama) ve %50 (kısıtlı sulama)'si sağlanarak biber bitkisinin gelişimi 108 gün boyunca izlenmiştir.

Toprakların organik madde (OM) içerikleri vermikompost dozlarındaki artışla artarken, hacim ağırlığı değerleri azalmıştır. En yüksek OM içeriği kısıtlı sulamada (AVP2) elde edilirken, en düşük hacim ağırlığı değeri de yine AVP2 uygulamasında bulunmuştur. Toprakların agregat satabilitesi (AS) değerleri vermikompost uygulamalarıyla artmış, kısıtlı sulamada toprağın OM içeriğindeki artışla AS değerleri de önemli düzeyde artmıştır. Toprak pH'sı vermikompost uygulamaları ile kontrole göre düşmüştür. Asitleştirilmiş vermikompost (AV ve AVP) uygulamalarıyla kıyaslandığında orijinal vermikompostların (V2 ve VP2) %2 dozları toprak pH'sını daha fazla düşürmüştür. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri vermikompost uygulamalarıyla artmıştır. Kısıtlı sulamada yüksek vermikompost dozları toprakların EC değerlerini tam sulamaya göre daha fazla artırmıştır. Genel olarak vermikompost dozlarının artışına bağlı olarak, toprakların toplam N, P, değişebilir K ve Mg içerikleri de artış göstermiştir. Her iki sulama koşulunda da topraktaki en yüksek P içeriği asitleştirilmiş vermikompostun en yüksek doz (AV2) uygulamasında belirlenmiştir. Toprakta değişebilir Ca içeriği tam sulamada kontrole göre vermikompost uygulamalarıyla artarken, kısıtlı sulamada pirina vermikompost uygulamalarının tamamında kontrole göre azalmıştır. Vermikompost uygulamaları toprakların solunum oranını tam sulama koşullarında kontrole göre genelde azaltırken, kısıtlı sulama koşullarında artırmıştır. Tam sulama ile kıyaslandığında, kısıtlı sulamadaki VP ve AVP uygulamalarındaki daha yüksek

solunum oranları ve EC değerleri, vermikompost materyallerinin mineralizasyonundaki artışı göstermiştir.

Biber bitkisinin toplam biyokütlesi vermikompost uygulamalarıyla kontrole göre kısıtlı sulama koşullarında tam sulamaya göre daha fazla artmıştır. Her iki sulamada da en yüksek toplam biyokütle V2 uygulamasında bulunmuştur. Kireçli toprakta toplam biyokütle ile OM, P ve solunum oranı arasındaki önemli pozitif ilişkiler, özellikle su kısıtlı olan koşullarda biyokütledeki artışın vermikompost materyalinin mineralizasyonu ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Ahır gübresi, Pirina, Vermikompost, Su kısıtlı, Asitleştirme, Biyokütle.

## ABSTRACT

### EFFECTS OF ACIDIFIED VERMICOMPOST PRODUCED FROM POMACE ON SOIL PROPERTIES AND PEPPER DEVELOPMENT AT DIFFERENT IRRIGATION LEVELS IN A CALCAREOUS SOIL

Belkıs KARAPIÇAK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Master, July/2022

Supervisor: Prof.Dr.Coşkun GÜLSER

In this study, the effects of original and acidified vermicompost materials obtained by using manure and olive pomace factory waste on some properties of a calcareous clay loam textured soil and pepper growth at two different irrigation levels were investigated. Two different vermicompost materials were obtained after with the manure (V) alone and mixed with pomace (VP) in 1:1 ratio composting with *Eisenia fetida* earthworms. The pH value of the vermicompost materials was brought to the range of 5.0-5.5 with citric acid, and acidified manure (AV) and manure pomace mixture (AVP) vermicomposts were obtained. The doses of 0%, 1% and 2% of four different vermicompost materials (V, VP, AV, AVP) were added to a clay loamy soil with 3 replications. Pots of soil vermicompost mixtures in the greenhouse of Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition were weighed daily, and the development of the pepper plant was monitored for 108 days by providing 100% (full irrigation) and 50% (deficit irrigation) of the available water capacity.

The bulk density values decreased while the organic matter (OM) contents of the soils increased with the increases in vermicompost doses. While the highest OM content was obtained in deficit irrigation (AVP2), the lowest volume weight value was also found in AVP2 application. Aggregate stability (AS) values of the soils increased with vermicompost applications, and AS values increased significantly with the increase of the OM content of the soil in deficit irrigation. Soil pH decreased with vermicompost applications compared to control. When compared to acidified vermicompost (AV and AVP) applications, 2% doses of the original vermicomposts (V2 and VP2) lowered soil pH more. The electrical conductivity (EC) values of the soils increased with vermicompost applications. High vermicompost doses in deficit irrigation increased the EC values of soils more than full irrigation. Generally, depending on the increase in vermicompost doses, the total N, P, exchangeable K and Mg contents of the soils also increased. The highest P content in the soil was determined in the highest dose (AV2) application of acidified vermicompost in both irrigation conditions. While the exchangeable Ca content in the soil increased with vermicompost applications in full irrigation compared to the control, it decreased in all olive pomace vermicompost applications compared to the control in deficit irrigation. Vermicompost applications generally decreased the respiration rate of the soils under full irrigation conditions compared to control, but increased it under deficit irrigation conditions. Compared to full irrigation, higher respiration rates and EC values in VP and AVP applications in deficit irrigation showed increased

mineralization of vermicompost materials. The total biomass of the pepper plant increased more with vermicompost applications in deficit irrigation conditions than in full irrigation conditions compared to the control. In both irrigations, the highest total biomass was found in V2 application. The total biomass showed significant positive relationships with OM, P and respiration rate in loam soil. It indicated that the increase in biomass was associated with the mineralization of the vermicompost material, especially in water deficit conditions.

**Keywords:** Manure, Olive pomace, Vermicompost, Water deficiency, Acidification, Biomass.

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışma konusunun belirlenmesinden yürütülmesine kadar olan bütün süreçte beni yönlendiren ve çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimlerini en güzel şekilde benimle paylaşan tüm bunların yanında manevi olarak da her zaman yanımda olan lisans ve yüksek lisans eğitim sürecimde bilgileri ile yol gösteren çok değerli hocam Prof. Dr. Coşkun GÜLSER'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bizleri ilerlediğimiz bu akademik yolda gerek bilgilerini ve deneyimlerini paylaşarak mesleğe hazırlayan değerli bölüm hocalarım Prof. Dr. Orhan DENGİZ, Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA, Prof. Dr. Nutullah ÖZDEMİR, Prof. Dr. İmanverdi EKBERLİ, Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM ve Doç. Dr. Ayhan HORUZ hocalarıma teşekkür ederim.

Bu tezin her aşamasında yardımcı olan ve laboratuvar çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Araş. Gör. Salih DEMİRKAYA, Araş. Gör. Abdurrahman AY ve Yük. Zir. Müh. Caner GÖKÇE teşekkür ederim.

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde tanıştığım, yardımlarını esirgemen değerli arkadaşlarım Yük. Zir. Müh. Özlem PALA, Yük. Zir. Müh. Zerrin CİVELEK Zir. Müh. Sahbatullah HAİDARİ, Zir. Müh. Edip Erhan KÜÇÜK ve Selin Betül PACCİ teşekkür ederim.

Ve tabii ki de bu yola birlikte başladığım ve bu süreçte desteğini üzerimden eksik etmeyen kıymetli arkadaşım Ziraat Mühendisi Sena PACCİ' ye çok teşekkür ederim.

Hayat yolunda en iyi öğreticim olan, destekleriyle bana güven veren, her zaman yanımda olan gizli kahramanlarım sizleri gururlandırabilmek dileğiyle 'Canım Aileme' sonsuz teşekkür ederim.

Emeği geçen herkese şükranlarımı sunarım.

Belkıs KARAPIÇAK

# İÇİNDEKİLER

|  |           |
|--|-----------|
| TEZ KABUL VE ONAYI.....  | i         |
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....   | ii        |
| TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....  | ii        |
| ÖZET.....  | iii       |
| ABSTRACT .....   | v         |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....  | vii       |
| İÇİNDEKİLER.....   | viii      |
| SİMGELER.....  | x         |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....  | xi        |
| TABLolar DİZİNİ .....  | xiii      |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1. Pirina Uygulaması ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar .....                       | 4         |
| 2.2. Vermikompost Uygulaması ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar .....                 | 8         |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>   | <b>12</b> |
| 3.1. Materyal .....  | 12        |
| 3.1.1. Denemede Kullanılan Ahır Gübresi ve Pirina Materyalleri .....                   | 12        |
| 3.1.2. Sera Denemesinde Kullanılan Toprak Örneği .....                                 | 13        |
| 3.1.3. İnkübasyon Denemesi .....   | 13        |
| 3.1.4. Deneme Bitkisi.....   | 14        |
| 3.1.5. İki Farklı Vermikompost Materyalinin pH Değerinin Düşürülmesi.....              | 15        |
| 3.2. Yöntem.....   | 15        |
| 3.2.1. Vermikompostlamada Kullanılan Ahır Gübresi ve Pirina Materyalinin Analizi ..... | 15        |
| 3.2.2. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Analizi .....                              | 15        |
| 3.2.3. Vermikompost Elde Edilmesi .....  | 16        |
| 3.2.4. Sera Denemenin Kurulması ve Yönetilmesi .....                                   | 16        |
| 3.2.5. Deneme Sonunda Hasat Edilen Bitkilerdeki Ölçümler .....                         | 17        |
| 3.2.6. Sera Denemesi Toprak Analizleri .....   | 17        |
| 3.2.6.1. Fiziksel Analizler.....   | 17        |
| 3.2.6.2. Kimyasal Analizler .....  | 17        |
| 3.2.6.3. Sera Koşullarında Toprak Solunumunun Belirlenmesi .....                       | 18        |
| 3.3. İstatistiksel Analizler .....   | 19        |
| <b>4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....</b>  | <b>20</b> |
| 4.1. Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Özellikleri.....                                | 20        |
| 4.2. Ahır Gübresi ve Pirina Materyali Bazı Kimyasal Özellikleri .....                  | 20        |
| 4.3. Vermikompost Materyallerinin Bazı Kimyasal Analizleri .....                       | 21        |
| 4.4. Vermikompost Materyallerinin Toprağın Bazı Özelliklerine Etkisi .....             | 22        |
| 4.4.1. Hacim Ağırlığı.....   | 22        |
| 4.4.2. Organik Madde .....   | 23        |
| 4.4.3. Agregat Stabilitesi .....   | 25        |
| 4.4.4. Toprak Reaksiyonu.....  | 27        |
| 4.4.5. Elektriksel İletkenlik.....   | 29        |
| 4.4.6. Toplam Azot.....  | 30        |
| 4.4.7. Alınabilir Fosfor .....   | 32        |
| 4.4.8. Değişebilir Potasyum.....   | 34        |
| 4.4.9. Değişebilir Sodyum .....  | 35        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.4.10. Değişebilir Kalsiyum .....                                    | 37        |
| 4.4.11. Değişebilir Magnezyum .....                                   | 38        |
| 4.4.12. Toprak Solunumu .....   | 40        |
| 4.5. Vermikompost Materyallerinin Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi ..... | 41        |
| 4.6. Toprak Özellikleri ve Biyolojik Verim Arasındaki İlişkiler ..... | 43        |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>                                     | <b>45</b> |
| <b>KAYNAKÇALAR .....</b>  | <b>49</b> |
| <b>ÖZ GEÇMİŞ .....</b>  | <b>55</b> |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|     |   |
|-----|---|
| HA  | : Hacim Ağırlığı                                    |
| EC: | Elektriksel İletkenlik                              |
| pH  | : Toprak Reaksiyonu                                 |
| OM: | Organik madde                                       |
| BYS | : Bitkiye Yararışlı Su                              |
| M   | : Molarite  |
| TS  | : Toprak Solunumu                                   |
| V   | : Ahır Gübresi Vermikompostu                        |
| VP  | : Ahır Gübresi-Pirina Vermikompostu                 |
| AV  | : Asitlendirilmiş Ahır Gübresi Vermikompostu        |
| AVP | : Asitlendirilmiş Ahır Gübresi-Pirina Vermikompostu |
| TBK | : Toplam Biyokütle                                  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 3.1. Denemede kullanılan pirina materyali.....  | 12 |
| Şekil 3.2. İnkübasyon denemesi.....   | 14 |
| Şekil 3.3. Denemede kullanılan bitki .....  | 14 |
| Şekil 3.4. Sera koşullarında toprakların CO <sub>2</sub> üretimi belirlenmesi .....   | 19 |
| Şekil 4.1. Bitkiye yarayışlı suyun %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun hacim ağırlığı değerleri üzerine etkileri (p<0.01). ..... | 22 |
| Şekil 4.2. Bitkiye yarayışlı suyun %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun hacim ağırlığı üzerine etkileri (p<0.01). .....            | 23 |
| Şekil 4.3. Bitkiye yarayışlı suyun %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun organik madde üzerine etkileri (p<0.01). .....            | 24 |
| Şekil 4.4. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun organik madde üzerine etkileri (p<0.01). .....                | 25 |
| Şekil 4.5. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun agregat stabilitesi üzerine etkileri .....                   | 26 |
| Şekil 4.6. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun agregat stabilitesi üzerine etkileri (p<0.01). .....          | 27 |
| Şekil 4.7. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak reaksiyonu üzerine etkileri (p<0.01). .....           | 27 |
| Şekil 4.8. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak reaksiyonu üzerine etkileri (p<0.01). .....            | 28 |
| Şekil 4.9. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun EC üzerine etkileri (p<0.01). .....                          | 29 |
| Şekil 4.10. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun EC üzerine etkileri (p<0.01). .....                          | 30 |
| Şekil 4.11. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam N içeriği üzerine etkileri (p<0.01). .....           | 31 |
| Şekil 4.12. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam N içeriği üzerine etkileri (p<0.05). .....            | 32 |
| Şekil 4.13. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun alınabilir P içeriği üzerine etkileri (p<0.01). .....       | 33 |
| Şekil 4.14. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun alınabilir P içeriği üzerine etkileri (p<0.01). .....        | 33 |
| Şekil 4.15. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir K değerleri üzerine etkileri (p<0.01). .....    | 34 |
| Şekil 4.16. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir K değerleri üzerine etkileri (p<0.01). .....     | 35 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 4.17. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Na değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ )..... | 36 |
| Şekil 4.18. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Na değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).....  | 36 |
| Şekil 4.19. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Ca değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ )..... | 37 |
| Şekil 4.20. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Ca değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).....  | 38 |
| Şekil 4.21. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Mg değerleri üzerine etkileri ( $p<0.05$ )..... | 39 |
| Şekil 4.22. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Mg değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).....  | 39 |
| Şekil 4.23. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak solunumu üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).....          | 40 |
| Şekil 4.24. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak solunumu üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).....           | 41 |
| Şekil 4.25. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam biyokütle üzerine etkileri ( $p<0.05$ ).....         | 42 |
| Şekil 4.26. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam biyokütle üzerine etkileri ( $p<0.05$ ).....          | 43 |

## TABLolar DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| Tablo 3.1. Ahır gübresi ve pirinanın bazı kimyasal özellikleri.....  | 12 |
| Tablo 3.2. Denemede kullanılan killi tın toprağın analiz değerleri.....  | 13 |
| Tablo 3.3. İki farklı vermikompost materyallerinin analizi.....  | 14 |
| Tablo 3.4. Denemede kullanılan ahır gübresi ve pirina materyalleri özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler (Kacar, 1995; Ryan vd., 2001)..... | 15 |
| Tablo 3.5. Toprağın bazı özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler (Rowell, 1996; Kacar, 1995) .....  | 15 |
| Tablo 3.6. Bitkiye yararılı suyun %100 ve %50 si koşullarında uygulanan deneme deseni  | 16 |
| Tablo 4.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....  | 20 |
| Tablo 4.2. Ahır gübresi ve Pirina materyali bazı kimyasal özellikleri.....   | 21 |
| Tablo 4.3. İki farklı vermikompost materyalinin bazı kimyasal analizleri.....  | 21 |
| Tablo 4.4. Deneme sonuçları arasındaki korelasyonlar.....  | 44 |

# 1. GİRİŞ

Dünyada artan nüfusun etkisiyle tarımsal üretimden daha fazla verim elde edebilmek için 1950’li yıllarında başlayan sanayileşmenin de etkisiyle gelişen tarım anlayışı “yeşil devrim” olarak adlandırılır. Yeşil Devrim ile toprak ve bitki bünyesine yoğun olarak yapılan inorganik (kimyasal) gübreleme, herbisit ve pestisit kullanımı sonucu zararlı kimyasalların toprakta birikerek ve sızan su ile yer altı kaynaklarına karışarak çevre ve insan sağlığını tehdit ettiği, tarım topraklarının yapısında bozulma ve topraklarda verimsizleşmeye sebep olduğu gözlemlenmiştir. Bununla beraber su kaynaklarının giderek kirlenmesi ve azalması, tarım alanlarında bilinçsiz sulama yapılması ile binlerce dekar arazi tarım yapılamaz hale gelmiş ve verim kayıpları oluşmuştur.

Tarımda bilinçsiz sulama ile toprak erozyonu, taban suyu yükselmesi ve tuzlanma veya çoraklaşma gibi çevresel sorunlar meydana gelirken su kaynakları da azalmaktadır. Suyun toprakta muhafazasını ve korunumunu sağlamak için bitkilere kısıtlı sulama uygulamaları ile son yıllarda su verimliliğinin artırılması yönünde çalışmalar mevcuttur. Bitkiler su kısıtlamasına; gelişme dönemine, susuzluğun uzunluğuna, şiddetine ve genetik yapılarına göre farklılık gösterirler. Bunun için de bitkilerin tükettikleri su miktarlarının bilinmesi gerekmektedir.

Yenilenemez bir kaynak olan toprakların verimlilik fonksiyonlarını kaybetmeden yaşayabilmeleri için toprak stabilitesini, dayanıklılığını ve kalitesini olumsuz etkileyen yoğun toprak işleme uygulamaları azaltılarak (Pacci vd., 2022), toprağa zarar vermeden birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün almak için toprağın yapısını iyileştirmeye ve korumaya yönelik olarak organik gübrelerin inorganik (kimyasal) gübreler ile kullanımının teşvik edildiği modern tarım sistemlerinin uygulanması ile toprak yönetimin sürdürülebilir hale getirilmesi giderek önem kazanmıştır.

Toprak verimliliğini arttırmak, toprağın fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerinin korunmasını sağlamak amacıyla toprağa ilave edilen materyallere “toprak düzenleyiciler” adı verilmektedir. Toprak düzenleyicileri organik, inorganik ve sentetik olarak üçe ayrılmaktadır. Toprak düzenleyicileri, çeşitli nedenlerle bozulmuş veya kirlenmiş toprakların geri kazanımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla organik

toprak düzenleyicilerin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Organik toprak düzenleyicilerini belirleyici faktörler materyal çeşidi, uygulama yapılacak toprağın özellikleri ve ekonomik durumudur. Organik toprak düzenleyicileri bitkisel ve hayvansal artık veya atıklar kaynağıdır. Organik toprak düzenleyicilerinin en önemli fonksiyonu toprağa organik madde sağlamasıdır. Organik madde ilavesi toprak verimliliği açısından büyük bir öneme sahiptir.

Topraklara organik madde ilavesi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine çok yönlü olumlu etki sağlayarak toprak yapısını, su tutma kapasitesini, besin döngüsünü ve biyolojik aktivitelerin uyarılması destekler. Son zamanlarda toprağa organik madde ilavesi ve besin elementi açısından zenginleşmek amacıyla yoğun olarak uygulanan organik gübrelerin başında vermikompost gelmektedir.

Ülkemizdeki tarım topraklarında organik madde miktarı yetersizdir. Organik madde yetersizliği; toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Ancak sürdürülebilir tarım ile organik atıkları tekrar döngüye katarak topraklarda organik maddelerin geri kazanımını sağlamak mümkün olmaktadır. Sürdürülebilir tarımda temel amaç insan ve çevre sağlığının korumasıdır. Bu yüzden birçok araştırmada evsel, kentsel ve tarımsal atıkların bertaraf edilmesi ya da geri kazanımı için çeşitli organik atıkların işlenmesi üzerine çalışmalar mevcuttur.

Organik atıkların kompostlanması ile organik madde olarak toprağa geri kazandırılması uzun yıllardan beri uygulanan bir yöntemdir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda organik atıkların solucanların varlığında kompostlanması ile oluşan organik madde; yani vermikompost ürününün, termofilik kompost ürünlerinden fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan daha üstün özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir (Erşahin, 2007; Arancon, vd., 2008; Lazcano, vd., 2008; Doan, vd., 2013). Ancak kullanılan organik atığın materyal özellikleri belirleyici etki oluşturmaktadır (Aşık ve Katkat, 2018).

Vermikompost, solucanlar tarafından tüketilebilecek çeşitli organik atıkların (evsel artıkların, hayvan dışkısı, sap, saman, yaprak atıkları, atık kâğıtlar, talaş vb.) dönüşümünü hızlandırmak için solucanlar vasıtasıyla kompostlanması sonucu ortaya çıkan organik materyal ürünüdür. Organik atıkların solucanlar tarafından parçalanıp ayrışma sürecine ise vermikompostlama adı verilmektedir. Organik atıkların solucanlar tarafından besin maddesi olarak tüketilip, vücutlarından atılması ile

solucanların salgıladıkları mukus sıvısı ile çevrelenmiş biçimde mikroorganizmalarla zenginleşmiş materyal meydana gelir. Organik atıkların vermikompostlanması sonucu daha yüksek azot, fosfor ve potasyum oranlarına sahip ürün oluşur (Sinha vd. 2010). Toprağın kimyasal özelliklerinin yanı sıra toprağın fiziksel özellikleri üzerine de olumlu etkileri vardır. Vermikompost granül yapılı olduğu için toprak gözenekliliğini arttırarak havalanmayı sağlar, hacim ağırlığını azaltır, su tutma kapasitesini arttırır ve agregat stabilitesini düzenler. Ayrıca patojenik bakterilere karşı bitki direncini de arttırır (Sumner, 2000; Tejada vd., 2009).

Birçok tarımsal ürünlerin işlenmesi sonucu önemli oranda ve farklı özelliklere sahip atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu tarımsal atıklardan biri de Akdeniz Bölgesi'nde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan zeytin bitkisinden oluşmaktadır. TÜİK Bitkisel Üretim İstatistiklerine göre 2020 yılında zeytin üretimi 1,32 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Toplam zeytin üretiminin yaklaşık %75'i yağlık zeytinden oluşmaktadır. 2020 yılında 867 bin ton yağlık zeytinden yaklaşık 173 bin ton zeytinyağı elde edilmiştir. Bir litre zeytinyağı elde etmek için yaklaşık 5 kg zeytin kullanılmaktadır. Zeytinyağı üretim süreci sonunda geriye kalan katı atığa "pirina" adı verilmektedir. 100 kg zeytinden ortalama 15-22 kg zeytinyağı ve 35-45 kg pirina açığa çıkmaktadır (Göğüş ve Maskan, 2006). Tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan pirinanın değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Pirina yüksek fitotoksisite ve yüksek karbon kaynağı olması nedeniyle toprağa doğrudan verilmesi durumunda büyük miktarda azot (N) immobilizasyonuna sebep olarak azot alınımını engellemektedir (Goldsmith, vd., 2018). Kavdir vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada pirinanın ham madde olarak toprağa karıştırılması durumunda bitki gelişimini engellediği ancak kompostlanması durumunda ise bitki gelişimine olumlu katkı sağladığı görülmüştür.

Ülkemiz için sebzeçilikte önemli bir yere sahip olan biber yaygın olarak ve çok fazla tüketilen bir sebze türüdür. Ülkemizde 2020 yılı itibariyle 389.957 ton dolmalık, 838.890 ton sivri biber, 116.967 ton çarliston, 1.291.091 ton kapyra olmak üzere yaklaşık 2.65 milyon ton biber üretilmiştir. Ekonomik açıdan önemli bir yere sahip olan biberin taze olarak tüketimi, yemeklerde, kızartmalarda, turşu yapımında, hazır gıdalarda, dondurulmuş ürünlerde, konserve ve baharat olarak kullanımının yanında boya yapımında ve acılığı veren capsaisin antioksidant maddesi nedeniyle ilaç sanayisinde de kullanılmaktadır.

Biber (*Capsicum annuum*), patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasından olup önemli bir sebze grubunu oluşturmaktadır. Anavatanı Güney ve Orta Amerika kıtasıdır. Meyvesi yenebilen otsu bir bitki olup ılıman bölgelerde tek yıllık ve tropik bölgelerde çok yıllık bir türdür. Biber için optimum hava sıcaklığı 20-25 °C'dir. Biber bitkisi 12 °C'nin altında ve 33 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda zarar görebilir. Toprak istekleri bakımından fazla seçici değildir. Ancak kaliteli bir ürün oluşturması için bulunduğu toprak ortamının tınlı, tınlı-kumlu, derin, geçirgen, su tutma kapasitesinin iyi olması gerekmektedir. Biber pH 5.6-6.8 aralığında iyi gelişim göstermektedir. Toprak nemi %65-70 aralığında yüksek seviyede olsa da yetersiz drenajı olan ağır topraklarda aşırı sudan etkilenmektedir. Kökleri fazla suya karşı hassastır. Bu nedenle ihtiyacı olan suyun yeterli, düzenli verilmesi gerekir (Anonim, 2003).

Sürdürülebilir bir tarım için kimyasal gübrelere olan bağımlılığı nisbeten azaltmada organik atıkların geri kazanımı son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmada; zeytinyağı üretimi sonunda katı atık olarak ortaya çıkan pirina materyalinin oluşturduğu çevre kirliliğini azaltmak ve tarım alanlarında organik madde kaynağı olarak değerlendirmek amacıyla, *Eisenia fetida* solucan türü tarafından vermikompostlanması ve asit karakter kazandırılan vermikompostun kireçli bir toprakta farklı su kısıtı seviyelerinde toprak özellikleri ve biber gelişimi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## **2. KAYNAK ÖZETLERİ**

### **2.1. Pirina Uygulaması ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar**

Birçok araştırmacı zeytinyağı atığı pirinayı doğrudan toprağa uygulamış, olumlu ve olumsuz etkiler gösteren organik bir gübre olarak etkisini test etmiştir. Yararlı etkileri, yüksek besin konsantrasyonu, özellikle potasyum ve toprak iyonlarını harekete geçirme potansiyeli iken olumsuz etkileri, yüksek mineral tuz içeriği, düşük pH ve fitotoksik bileşiklerin, özellikle polifenollerin varlığını bildirmişlerdir (Paredes, vd., 1999; Rinaldi, vd., 2003).

Ameziane vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada, dört aylık fasulye çimlenme testi için üç ekstraksiyon sisteminden elde edilen pirinayı farklı yüzdelerde (kontrol, %10, %15, %25, %50, %75 ve %100) toprak ile karıştırarak saksılara uygulamıştır. Deneyin sonunda, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot içeriği, organik karbon

ve değişebilir baz konsantrasyonu ve toprak katyon değişim kapasitesi tayini olmak üzere, toprak verimliliğinin çeşitli göreceli fiziko-kimyasal parametreleri belirlenmiştir. Pirina uygulaması toprak pH'ını azaltmış ve eklenen pirina yüzdesi ile orantılı olarak toprak organik maddesi ve organik karbon içeriğini arttırmıştır. Farklı oranlarda pirina içeren saksılarda, toprağa (kontrol) kıyasla mevcut fosfor ve değişebilir potasyum içeriği önemli ölçüde artmıştır. Toplam azot içeriği yeterince artmamıştır, ancak özellikle %25, %50 ve %75'lik dozlarda için kontrolden önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Katyon değişim kapasitesi önemli ölçüde artmış ve besinlerin iyi bir şekilde tutulmasına izin verildiği bildirilmiştir.

Saviozzi vd. (2001), pirinaya mineral azot ekleyerek toprak ıslahı olarak uygunluğunu değerlendirmiş ve mineralizasyonunun büyük ölçüde toprak tipine bağlı olduğu, asidik topraklarda geçici olarak engellendiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca Ordonez vd. (1999), pirina ile azotlu gübrelerin eklenmesini tavsiye etmiş ve toprakta mevcut potasyumdaki artışı vurgulamıştır.

Kavdir ve Killi (2008) yaptıkları çalışmada, kaba bünyeli topraklara pirinayı farklı oranlarda (%0, %2, %4 ve %8) uygulamış ve iki ay inkübasyona bırakmışlardır. Toprağa ilave edilen pirina iki ay sonunda toprak pH' sı değerlerini düşürmüştür. Toprak elektriksel iletkenliği (EC) değeri iki ay sonunda ilk aya göre daha yüksek bulunmuştur. Pirinanın %8 oranında uygulanması, toprağın toplam organik azot içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır ve bu oranda uygulanması iki aylık inkübasyondan sonra hem toprak organik karbon içeriğini (%3,5) hem de agregat stabilitesini (%88) önemli ölçüde arttırmıştır. Kaba bünyeli topraklarda, toprak yapısını kısa sürede iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Abu-Rumman (2016) tarafından yapılan çalışmada, killi ve kumlu-kil olarak sınıflandırılan iki farklı toprağa pirina ağırlıkça %3, %6, ve %9 oranlarında karıştırılmış ve bazı toprak fiziksel özellikleri incelenmiştir. İki farklı toprakta artan dozlara bağlı olarak hacim ağırlığı azalmıştır. Killi toprakta solma noktasındaki artış, tarla kapasitesinden daha az bulunmuş ve kumlu-kil toprakta tarla kapasitesinden ziyade solma noktasında önemli artış olmuştur. Su tutma kapasitesindeki artışlar toprak bünyesi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Nasini vd. (2013), pirinanın toprak ile uzun vadeli etkilerini değerlendirmek için dört yıl boyunca zeytin (*Olea europaea L.*) yetiştirilen bir arazide deneme yapmışlardır. Çalışma sonunda toprak kimyasal özellikleri, mikrobiyal popülasyonlar, zeytin ağacı büyümesi ve yağ kalitesi belirlenmiş. Beklendiği gibi pirinanın toprak mikroflorası üzerinde uzun vadeli engelleyici etkileri olmadığı ancak canlı bakteri, bakteri sporları ve misetlerin sayısı biraz arttığını ve fitotoksik etkiler gözlenmemiş; aksine, pirina ile muamele edilmiş ağaçlar, sürgün uzunluğu, gölgelik hacmi ve budama ağırlığı ve daha fazla zeytin meyvesi üretkenliği olarak değerlendirilen daha yüksek vejetatif aktivite göstermiştir. Pirinanın zeytin bahçelerinde, toprağın kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ve zeytinyağı kalitesi üzerinde uzun vadeli olumsuz sonuçlar olmaksızın ağaçların vejetatif ve üretken aktivitelerini artıran bir toprak düzenleyici olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Lozano-García vd. (2011) yaptıkları çalışmada, bir zeytinlikte iki fazlı zeytin değirmeni atığı ve zeytin yaprağı ile toprak özellikleri ve toprak erozyonu üzerindeki etkisini değerlendirmek için üç yıllık denemeden sonra, kontrol açısından incelenen toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini, organik madde içeriği, kütle yoğunluğu ve gözeneklilik arttığını belirtmiştir. Erozyon ile ilgili olarak, simüle edilmiş yağış deneylerinden sonra, iki fazlı zeytin değirmeni atığının yağmur damlalarının pürüzlülüğünü engellemesi akış oluşumunu geciktirmeye ve yağmur suyunun sızmasını arttırmaya katkıda bulunduğu bildirmiştir.

Khdair vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada kil ve kumlu killi topraklara pirina ilavesinin su tutma kapasitesi, penetrasyon direnci ve infiltrasyon etkisi incelemiştir. Kil ve kumlu killi toprak üzerine ağırlıkça %3, %6 ve %9 pirina ilavesinin topraklarda artan dozlarda su tutma kapasitesi ve bitki büyümesi için önemli faktör olan infiltrasyon gibi toprak özelliklerini iyileştirdiğini, pirina eklenmesiyle toprakta organik maddenin artırdığını, hacim ağırlığının azaldığını, bununla toprak agregasyonunu iyileşmesi sonucu toprak erozyonunu azaltabileceğini bildirmişlerdir.

Killi vd. (2014), yaptıkları çalışmada pirina ve pirina kompostunu, kumlu killi ve tınlı kum toprağa ağırlıkça %0, %2, %4, %6, %8 ve %10 oranlarında karıştırarak toprakların hidrolik özellikleri üzerindeki etkisi analiz etmişlerdir.

Kumlu killi tın toprakta artan organik girdilerin hacim ağırlığını düşürürken, porozite, hidrolik iletkenlik ve bitki büyümesi için mevcut su içeriğinde tınlı kum toprağa göre daha belirgin artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

İşler ve Kavdir (2021) tarafından yapılan çalışmada, tınlı ve killi-tınlı topraklarda %8 pirina kompostu, %4 perlit ve %0.12 hidrofilik polimerler kullanılarak farklı toprak düzenleyicilerinin bitki su kullanım verimliliği ve domates bitkisi büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, tınlı toprağa pirina kompost uygulamalarının kontrol, perlit ve hidrofilik polimer uygulamalarına göre sırasıyla %45.12, %42.99 ve %38.88 sulama suyu tasarrufu sağladığını öte yandan, killi-tınlı toprakta hidrofilik polimer uygulamaları kontrol, perlit ve pirina kompost uygulamalarına göre sırasıyla %17.82, %46.76 ve %27.29 sulama suyu tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir. En yüksek toprak EC değeri, pirina kompostu uygulaması ile tespit edilirken, pirina kompostu killi-tınlı toprak için domatesin dal sayısını artırmıştır. Her iki toprakta da pirina kompost uygulamalarına bağlı olarak kök uzunluğu ve yüzey alanlarının maksimum olduğunu bildirmişlerdir.

Cucci vd. (2008) çalışmalarında yaş pirina, siltli kil toprağa uygulanmış ve strüktürel stabilite, organik madde, toplam azot, kullanılabilir fosfor, değişebilir potasyum, pH ve elektrik iletkenliği için test edilmiştir. Sonuçlar, ıslak pirina uygulamasının toprak verimliliğinde genel bir iyileşmeye neden olduğunu göstermiş ve özellikle artan miktarlarda yaş pirina eklenmesi besin içeriğini iyileştirmiş, 210 Mg/ha yaş pirina uygulamasının toprak organik maddesini %84, toplam N 0.90 g/kg, mevcut P 79.40 mg/kg ve değiştirilebilir K 80 mg/kg artırdığını ve toprak yapısında iyileşme belirlemişlerdir.

Benitez vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada pirina sera deneyinde organik malç olarak işlenmemiş ve vermikompostlanmış olarak toprağa eklenmiş ve toprakta biyokimyasal aktiviteleri (dehidrojenaz, üreaz ve fosfataz) ve biber bitkisinde gelişme ve besin içeriğinde meydana gelen değişimler incelemişler. Organik malç olarak pirinanın eklenmesi biber yapraklarındaki P konsantrasyonunu 1.5'ten 4.5-5.7g/kg'a yükseltirken, K konsantrasyonu 51'den 65-85g/kg'a yükseltmiş, buna karşılık N konsantrasyonları değişmemiştir. Rizosfer ve dehidrojenaz aktivitesi, malçsız kontrol ile karşılaştırıldığında, solucan gübresi yapılmış olsun ya da olmasın malçların eklenmesiyle 1.5 ile 2.5 kat arttırmış. Rizosferdeki üreaz aktivitesi, pirina

organik malç olarak kullanıldığında en az üç kat engellenmiş ancak pirina solucan gübresi haline getirildiğinde bu engelleyici etki ortadan kalkmış. Pirina bahçe bitkilerinde malçlama ortamı olarak kullanılmadan önce solucan gübresi haline getirilmesinin daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

## **2.2. Vermikompost Uygulaması ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar**

Nada vd. (2011) yaptıkları çalışmada; toprak, %0.0, %3.0, %12.5 ve %25.0 oranlarında vermikompost ile karıştırılmış ve çim tohumu karışımı ile ekilmiştir. Farklı solucan gübresi uygulama oranlarının fiziksel ve kimyasal özellikler üzerindeki etkisini belirlemek için toprak örnekleri ve bitki materyali analizleri sonucu vermikompost uygulama oranlarının artmasıyla toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştiğini ortaya koymuştur.

Uz vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada yüksek kireç içeriğine sahip alkali bir toprağın kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine vermikompostun etkisini araştırmışlar. Genel olarak vermikompostun organik maddeyi, N, P ve Ca'yı artırmada çiftlik gübresine kıyasla daha etkili olduğunu belirlemişler.

Demir (2020) yaptığı çalışmada Na tuzundan etkilenen topraklarda sodyumun olumsuz etkilerini hafifletmede toprak düzenleyici olarak vermikompost etkisini incelemiştir. Deneme farklı dozlarda vermikompostta (%0, 2.5 ve %5 (w/w)), üç farklı Na tuzu seviyesi (0, 4 ve 8 dS m<sup>-1</sup>) uygulanmış ve vermikompostun tuzdan etkilenen toprakların değişebilir Na içeriğini azalttığını buna bağlı olarak EC değerlerinin azaldığını belirtmemiştir. Mevcut bulgular, vermikompost uygulamalarının, özellikle %5 uygulamasının, tuzluluğun olumsuz etkilerini azaltmada ve toprak kalitesini artırmada oldukça etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Rashed ve İbrahim (2020) yaptıkları çalışmada tuzdan etkilenen topraklarda bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemek için farklı dozlarda vermikompost ile farklı boyutlarda jips partiküllerinin bakla bitkisinde verim etkisi araştırılmış. Dört oranlı vermikompost; VC<sub>0</sub>, VC<sub>1</sub>, VC<sub>2</sub> ve VC<sub>3</sub> ana parsellere yerleştirilirken jips partikül boyutu üç farklı; G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve G<sub>3</sub> alt parsellere yerleştirilmiştir. Sonuçlar, G<sub>3</sub> ile birlikte VC<sub>3</sub> uygulamasının, başlangıç toprak değerlerine kıyasla toprak elektriksel iletkenlik ve hacim ağırlığının (sırasıyla %18.97 ve %8.87) en yüksek düşüşleri kaydettiğini ortaya koymuşlardır. Tuzdan

etkilenen toprak ve bakla veriminin geri kazanılmasında G<sub>3</sub>'ün G<sub>1</sub>'den daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Aksu vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada vermikompost uygulamasının pazı bitkisinin gelişimi ve toprağın bazı özellikleri üzerine etkileri araştırmışlar. Denemede vermikompostun 0, 250, 500, 750, 1000 kg/da dozları uygulandıktan sonra bitkinin yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak boyu ve eni, yaprak alanı ve toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde içeriği belirlenmiştir. Deneme sonunda elde edilen verilere göre yapılan vermikompost uygulaması bitki yaş ve kuru ağırlığı ile yaprak enini istatistiksel olarak önemli ( $P < 0,05$ ) seviyede etkilemiştir. Ancak toprak özellikleri kireç hariç yapılan vermikompost uygulamasından etkilenmediğini belirlemişlerdir.

Alaboz vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada vermikompost ve farklı sulama uygulamalarının toprağın bazı özelliklerine ve biber bitkisinin gelişimine etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmada bitki boyu, toprak üstü yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve verim ile yaprak klorofil içeriğinde sulama düzeylerinin istatistiksel olarak önemli olduğunu ve vermikompost dozlarının dispersiyon oranlarında azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Huerta vd. (2010), biber yetiştiriciliğinde vermikompost uygulamalarının bitki büyümesi ve verimi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada vermikompost harcı içinde yetiştirilen bitkilerin verim değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Vermikompostun biber bitkisinde yaprak sayısını, meyve ağırlığını ve boyunu arttırdığını kaydetmişlerdir.

Aminifard ve Bayat (2016), toprağa vermikompost uygulamasının antioksidan bileşikleri, meyve verimini ve biber kalitesini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Sekar vd. (2013), yürüttükleri çalışmada vermikompostun biber bitkisinin verim, kalite özellikleri ve toprak kalitesine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, vermikompost uygulamasının toprakta organik karbon, su tutma kapasitesi, katyon değişim katsayısı, alınabilir N, P, K ve diğer makro ve mikro besin elementlerini (Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn), mikrobiyal aktiviteyi artırdığını, buna karşılık parçacık büyüklüğünü, hacim ağırlığını, pH ve EC'yi azalttığını tespit etmişlerdir. Biber bitkisinde taze ve kuru meyve ağırlığı, meyvenin vitamin A, vitamin C içeriği

vermikompost uygulamasıyla artmıştır. Vermikompostun kimyasal gübrelerle birlikte uygulandığı parsellerde toprak kalitesi, verim ve meyve kalitesi kimyasal gübre parsellerinden daha yüksek bulunmuştur.

Aktaş (2018), yaptığı çalışmada vermikompostun farklı tekstüre sahip iki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile buğday bitki gelişimi üzerine etkisi araştırmıştır. Vermikompost dozu ise 0, 2, 4, 8, 16 t da<sup>-1</sup> (kuru ağırlık olarak) uygulanmış. Deneme sonunda elde edilen verilere göre, vermikompost dozları bitki gelişimi üzerine etkileri değerlendirildiğinde hem killi ve hem de tınlı toprakta gövde ağırlığı, yaprak sayısı (killi toprakta), gövde uzunluğu ve kök uzunluğu (tınlı toprakta) değerlerini arttırdığı ve bu artışların istatistiksel anlamda önemli olduğu bulunmuştur. Denemenin ikinci aşamasında bitki ekimi yapılmadan toprak vermikompost karışımları laboratuvar koşullarında inkübasyona bırakılmıştır. Bitki hasat zamanına kadar geçen süreyle aynı süre bekletilmiş topraklarda fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre kil ve tın bünyeli topraklara uygulanan vermikompost, her iki toprak çeşidinde de tuz (EC), Katyon değişim kapasitesi (KDK), organik madde, yararılı P, Mg, Cu ve Zn içeriklerini arttırmıştır. Toprak pH sını düşük pH ya sahip tınlı topraklarda arttırken, yüksek pH ya sahip topraklarda düşürmüştür. Vermikompost toprakların fiziksel özelliklerini de olumlu etkilemiş ve hacim ağırlığını düşürürken, agregat stabilitesini arttırdığını bildirmişlerdir.

Özkan vd. (2016) yaptıkları çalışmada vermikompostun 6 farklı dozularını (0; 1; 2; 3; 4 ve 5 ton/da) toprağa karıştırarak ıspanak bitkisi verimi ve toprağın bazı özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçlara göre uygulanan vermikompost miktarı arttıkça; bitki veriminde bitki boyu, yaprak boyu, yaprak eni, bitki ağırlığı ve kök ağırlığı değerlerinin arttığı ve değişimin istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenmiştir. Toprak özelliklerinden; toprak reaksiyonu ve fosfor değerleri arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Vermikompost uygulaması ile suda çözünebilir tuz, kireç, organik madde miktarında değişme olmuş fakat istatistiksel anlamda önemli olmadığını bildirmişlerdir.

Rodriguez-Quiroz vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, barbunya bitkisini çimlendirme ortamı nitrojen kaynağı olarak vermikompost etkinliğini araştırmışlardır. Çorak toprağa artan miktarlarda vermikompost eklenmesine dayalı

olarak beş işlem test edildi ve artan üre-su çözeltisinin dört işlemi ile sulandırılmış ve vermikompost ve çorak toprağın farklı karışımlarının kimyasal analizleri yapılmıştır. Yüzde çimlenme, bitki büyümesi ve yaprak azot asimilasyonu ölçüldü. Vermikompost içindeki barbunya tohumları, çorak toprağa ekilenlerden daha erken çimlendi, ancak %85 ve %100 vermikompost içeren tepsilerde çimlenme %60'tan azdı. Vermikomposttaki bitkiler daha uzun ve daha sağlıklı görünüyordular. %0, %50 ve %85 vermikompost konsantrasyonuna sahip bitkiler, diğer işlemlerden (%25 ve %100) yaklaşık 4 mg/L daha fazla nitrojeni özümlediğini ve %85 vermikompost karışımındaki bitkiler, nitrojen asimilasyonuna en iyi tepkiyi verdiğini bildirmişlerdir.

Liu vd. (2020) çalışmalarında tuzlu-alkali toprağa solucan gübresi ve hümik asit gübresinin eklenmesinin ardından makroagregatlarıdaki mikro yapı ile aerobik ve anaerobik bakteri toplulukları üzerindeki etkileri araştırmışlar. Vermikompost ve hümik asit gübresi, toprak agregat stabilitesini ve makro agregatların mikro yapısını (gözeneklilik, yol kıvrımlılığı ve etkili gözeneklilik), toprak geçirgenliğini ve tuzlu-alkali üst toprakta tuz sızıntısını arttırdığını nitrojen kayıplarını engelleyebilecek mikrobiyal topluluğu düzenleyerek tuzlu-alkali toprakları iyileştirebileceğini ortaya koymuşlardır.

Ding vd. (2021) çalışmalarında, inorganik (sülfürik asit ve alçıtaşı) ve organik (vermikompost) toprak ıslahlarının ve toprak işleme sistemlerinin (sıfır, azaltılmış ve derin işleme) tuzlu-sodik toprak özellikleri ve buğday verimliliği üzerindeki birleşik etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. Vermikompost uygulaması ile derin toprak işleme, kontrole kıyasla toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği, ilginç bir şekilde, derin işleme ve solucan gübresi arasındaki entegrasyon, sıfır işleme ve değiştirilmemiş topraklara kıyasla toprak tuzluluğunu ve sodyumluluğunu sırasıyla %37 ve %34 oranında azaltmıştır. Vermikompost uygulaması, tuzlu-sodik toprakların iyileştirilmesinde kimyasal değişiklikleri geride bıraktığını ve sonuç olarak, uygun bir toprak işleme sistemi olarak derin toprak işlemenin kullanılması şartıyla buğdayın büyümesini ve verimini artırdığını belirlemişlerdir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde inkübasyon ve sera denemesi olarak yürütülmüştür. Vermikompost işlemi için *Eisenia fetida* türü solucanlar Samsun ilinde solucan gübresi üretim tesisinden temin edilmiştir. Ahır gübresi ve Pirina materyalleri vermikompostlanarak toprak ve biber bitkisi üzerine etkisi incelenmiştir.

##### 3.1.1. Denemede Kullanılan Ahır Gübresi ve Pirina Materyalleri

Çalışmada kullanılan pirina materyali Aydın ilindeki bir zeytinyağı fabrikasından temin edilmiş olup, ahır gübresi ise Samsun ilindeki bir büyükbaş çiftliğinden temin edilmiştir. Yapılan Çalışmada denemede kullanılan ahır gübresi ve pirina materyallerine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 3.1' de ve pirina materyaline ait görsel ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Ahır gübresi ve pirinanın bazı kimyasal özellikleri

| Analiz                        | Ahır gübresi | Pirina |
|-------------------------------|--------------|--------|
| pH 1/10                       | 7.74         | 6.30   |
| EC 1/10 (dS.m <sup>-1</sup> ) | 0.61         | 2.27   |
| Organik Madde (%)             | 78.7         | 92.6   |
| Organik Karbon (%)            | 53.7         | 45.6   |
| Toplam N (%)                  | 1.20         | 1.85   |
| C/N                           | 44.75        | 24.65  |
| P (%)                         | 1.07         | 0.04   |
| K (%)                         | 0.78         | 1.46   |
| Na (%)                        | 0.23         | 0.13   |
| Ca (%)                        | 4.70         | 3.18   |
| Mg (%)                        | 1.41         | 0.08   |



Şekil 3.1. Denemede kullanılan pirina materyali

### 3.1.2. Sera Denemesinde Kullanılan Toprak Örneği

Killi tın bünyeye sahip toprak Samsun ili Bafra ilçesinde bulunan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra Araştırma İstasyonu'ndan alınmıştır. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2. Denemede kullanılan killi tın toprağın analiz değerleri

| <b>Analiz</b>                         | <b>Değer</b> |
|---------------------------------------|--------------|
| pH 1:1 Toprak:Su                      | 7.86         |
| EC 1:1 Toprak:Su (dSm <sup>-1</sup> ) | 0.52         |
| Kum, %                                | 43.18        |
| Kil, %                                | 30.30        |
| Silt, %                               | 26.51        |
| Toplam N, %                           | 0.17         |
| Organik madde, %                      | 2.24         |
| CaCO <sub>3</sub> , %                 | 20.44        |
| P, mg/kg                              | 4.23         |
| Kalsiyum (Ca), cmol/kg                | 19.32        |
| Magnezyum (Mg), cmol/kg               | 6.62         |
| Potasyum (K), cmol/kg                 | 0.6          |
| Sodyum (Na), cmol/kg                  | 0.7          |

### 3.1.3. İnkübasyon Denemesi

Pirina kuru ağırlık esasına göre ahır gübresi ile %0, %25, %50, %75, %100 oranlarında karıştırılmıştır. Kaplara 350 g olarak hazırlanan karışımların her birine 5'er tane *Eisenia fetida* türü solucanlar eklenip 60 gün boyunca vermikompostlama işlemine tabi tutulmuştur. İnkübasyon 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Karışım oranlarında solucan gelişimini belirlemek için haftalık solucan ve kokon sayımı yapılmıştır. Pirina uygulama dozları içerisinde en yüksek 1:1 oranında hazırlanan karışım da solucanların aktifliğini koruduğu ve vermikompostlama işleminin gerçekleşebildiği gözlemlenmiştir.

Sera denemesinde kullanılacak vermikompost materyalleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında üretilmiştir. Ahır gübresi tek başına ve 1:1 oranında pirina materyali ile karıştırıldıktan sonra elde edilen materyal *Eisenia fetida* türü solucanlarıyla

kompostlanarak 90 gün sonunda ahır gübresi vermikompostu (V) ve ahır gübresi:pirina (1:1) karışımına ait vermikompost (VP) elde edilmiştir (Şekil 3.2). İki farklı vermikompost materyalinin kimyasal özellikleri Tablo 3.3’ de verilmiştir.

Tablo 3.3. İki farklı vermikompost materyallerinin analizi

| Analiz                       | Ahır gübresi: Pirina (100:0)<br>(V) | Ahır gübresi: Pirina (50:50)<br>(VP) |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| pH 1:10                      | 8.15                                | 7.92                                 |
| EC 1:10 (dSm <sup>-1</sup> ) | 0.599                               | 0.794                                |
| Organik Madde, (%)           | 47.19                               | 67.39                                |
| Organik Karbon, (%)          | 27.37                               | 39.08                                |
| Toplam N, (%)                | 1.90                                | 1.78                                 |
| C/N                          | 14.40                               | 21.96                                |
| P, (%)                       | 1.30                                | 0.85                                 |
| K, (%)                       | 0.94                                | 1.16                                 |
| Na, (%)                      | 0.25                                | 0.20                                 |
| Ca, (%)                      | 5.68                                | 4.36                                 |
| Mg, (%)                      | 1.85                                | 1.23                                 |



Şekil 3.2. İnkübasyon denemesi

#### 3.1.4. Deneme Bitkisi

Araştırmada bitki materyali olarak YET CS 211 F1 tatlı kıl sivri biber çeşidi fidesi kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Denemede kullanılan bitki

### 3.1.5. İki Farklı Vermikompost Materyalinin pH Değerinin Düşürülmesi

Vermikompost materyallerine 0,5 M'lık sitrik asit ilavesiyle pH değerinin düşürülmesi için 5 g kuru ağırlık esasına göre vermikompost materyali tartılmış üzerine 5 ve 6 mL 0.5 M'lık sitrik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Asit ilavesi yapılmış vermikompost materyalinin pH değeri 1:10 (w:v) karışım oranında (5 g vermikompost: 50 mL H<sub>2</sub>O) 1, 24, 48, 72 ve 96 saat sonunda pH metre yardımıyla belirlenmiştir. Vermikompost materyallerinin pH değeri 5-5,5 aralığına getirilmiştir.

### 3.2.Yöntem

#### 3.2.1.Vermikompostlamada Kullanılan Ahır Gübresi ve Pirina Materyalinin Analizi

Vermikompost elde etmek amacıyla kullanılacak ahır gübresi ve pirina materyalinin bazı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Tablo 3.4' de verilen analizler yapılmıştır.

Tablo 3.4. Denemede kullanılan ahır gübresi ve pirina materyalleri özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler (Kacar, 1995; Ryan vd., 2001).

| Analiz                 | Uygulanan yöntemler                                  |
|------------------------|--|
| pH                     | 1:10 (w/v) materyal: saf su karışımında pH-metre ile |
| Elektriksel iletkenlik | 1:10 (w/v) materyal: saf su karışımında pH-metre ile |
| Organik madde          | Kuru yakma yöntemi                                   |
| Toplam N               | Kjeldahl yöntemi ile                                 |
| C/N                    | Organik madde ve N analizleri sonucu hesaplama ile   |
| Na, K, Ca, Mg          | Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS)          |
| P                      | Vanadomolibdofosforik metodu                         |

#### 3.2.2. Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Analizi

Sera denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlenmesi amacıyla Tablo 3.5' de verilen analizler yapılmıştır.

Tablo 3.5. Toprağın bazı özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler (Rowell, 1996; Kacar, 1995)

| Analizler                   | Uygulanan yöntemler                               |
|-----------------------------|---|
| Toprak tekstürü             | Hidrometre yöntemi ile                            |
| Toprak reaksiyon (pH)       | 1:1 (w/v) toprak: saf su karışımında pH-metre ile |
| Elektriksel İletkenlik (EC) | 1:1 (w/v) toprak: saf su karışımında EC-metre ile |
| Organik madde               | Walkey-Black yöntemi ile                          |
| Kireç (CaCO <sub>3</sub> )  | Scheibler kalsimetresi ile volumetrik olarak      |
| Toplam N                    | Kjeldahl yöntemi ile                              |

### 3.2.3. Vermikompost Elde Edilmesi

Vermikompost eldesi için ahır gübresi materyali fırın kuru ağırlık esasına göre 6 kg hazırlanıp geniş plastik kaplara 120 adet *Eisenia fetida* türü solucan ilave edilmiştir (V). Pirina materyali fırın kuru ağırlık esasına göre %50 oranında ahır gübresi ile 6 kg olarak hazırlanıp geniş plastik kaplara 120 adet *Eisenia fetida* türü solucan ilave edilmiştir (VP). Ortamın optimum nem içeriği solucan isteğine göre %80 seviyesinde tutulmuştur. Hazırlanan iki karışım 90 gün boyunca *Eisenia fetida* türü solucanlar ile vermikompostlanmıştır. Sonunda karışımların içerisinden solucanlar ayrılmış, vermikompostlar ise kurulacak sera denemesi için serin, güneş görmeyen bir ortamda muhafaza edilmiştir.

### 3.2.4. Sera Denemenin Kurulması ve Yönetilmesi

Toprak örnekleri gölgede kurutulduktan sonra 4,75 mm'lik elekten geçirilmiş ve denemeye hazır hale getirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre bitkiye yararışlı suyun %50 ve %100'ü koşullarında 9 farklı uygulama ile 3 tekerrürlü olarak oluşturulmuştur. Denemede kullanılan dört farklı vermikompost çeşidi (V, AV, VP, AVP) ve uygulanan dozları Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Bitkiye yararışlı suyun %100 ve %50 si koşullarında uygulanan deneme deseni

| Kısaltma | Vermikompost Çeşidi                         |
|----------|---|
| K        | Kontrol                                     |
| V1       | Ahır gübresi %1 doz                         |
| V2       | Ahır gübresi %2 doz                         |
| AV1      | Asitlendirilmiş Ahır gübresi %1 doz         |
| AV2      | Asitlendirilmiş Ahır gübresi %2 doz         |
| VP1      | Ahır gübresi: Pirina %1 doz                 |
| VP2      | Ahır gübresi: Pirina %2 doz                 |
| AVP1     | Asitlendirilmiş Ahır gübresi: Pirina %1 doz |
| AVP2     | Asitlendirilmiş Ahır gübresi: Pirina %2 doz |

Toprak örneği fırın kuru ağırlık esasına göre 3 kg olacak şekilde dört farklı vermikompost materyalinin %1 ve %2 dozlarında ilave edilip karıştırılmasından sonra 4L'lik plastik saksılara doldurulmuştur. Biber fideleri 24 Mayıs 2021 tarihinde saksılara dikilmiştir. Her gün tartımı yapılan saksılardaki toprakların nem içerikleri tarla kapasitesi seviyesinde (bitkiye yararışlı suyun (BYS) %100'ü) ve YYS'un %50'sinde tutulmuştur. Bitkilerde oluşan azot noksanlığını gidermek için 28 Temmuz 2021 tarihinde her bir saksıya 25 kg/da N (üre gübresi) kullanılmıştır.

Deneme 108 gün sürdürülmüş ve deneme sonunda saksılardan alınan toprak örneklerinde ilgili analizler yapılmıştır.

### 3.2.5. Deneme Sonunda Hasat Edilen Bitkilerdeki Ölçümler

**Toplam Biyokütle:** Deneme süresince hasat edilen biber ve deneme sonu toprak üstü bitki aksamının toplamından oluşan biyolojik verim değerleri toplam biyokütle olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.6. Sera Denemesi Toprak Analizleri

Sera denemesine ait toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizleri aşağıdaki yöntemlerle yapılmıştır.

#### 3.2.6.1. Fiziksel Analizler

**Agregat Stabilitesi:** Agregat stabilite değerleri “ıslak eleme” yöntemi ile belirlenmiştir. Çapları 2 mm’den küçük 10 gr toprak örneği 0.25mm elek açıklığına sahip bir elek üzerine aktarılmış, elek “Yoder tipi” ıslak eleme aygıtına bağlanmış, 5 dakika çözelti içerisinde alttan ıslatılmış ve 5 dakika bu çözelti içerisinde elenmiştir. Eleme işleme sonunda agregat stabilitesi (AS) değerleri kum düzeltmeleri yapıldıktan sonra hesaplanarak yüzde olarak ifade edilmiştir (Demiralay 1993).

$$AS = \frac{EK - KA}{\ddot{O}A - KA} * 100$$

Burada:

AS= Agregat stabilitesi, %

EK= Elek üzerinde kalan toprak ağırlığı (stabil agregat+ kum ağırlığı), g

KA= Kum miktarı, g

ÖA= Kullanılan toprak örneğinin fırın kuru ağırlığı, g.

**Hacim Ağırlığı:** Saksı içerisindeki toplam fırın kuru toprak miktarının toplam toprak hacmine oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

#### 3.2.6.2. Kimyasal Analizler

**Toprak Reaksiyonu ve EC:** Toprakların pH ve EC değerleri 1:1 (w/v) toprak-su çözeltisinde belirlenmiştir (Kacar, 2016).

**Kireç İçeriği:** Toprakların CaCO<sub>3</sub> miktarları Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Çağlar 1949).

**Organik Madde:** Toprak örnekleri Jackson (1962) tarafından bildirildiği gibi modifiye edilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

**Toplam Azot:** Bremner (1965) tarafından bildirildiği üzere Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

**Bitkiye Yarayışlı Fosfor:** Toprakların P analizleri pH < 7 olan topraklarda Bray ve Kurtz (1945), pH > 7 olan topraklarda Olsen vd (1954) tarafından geliştirilen yöntemlere göre yapılmıştır.

**Değişebilir katyonlar:** Değişebilir katyonların potasyum (K), sodyum (Na), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) tayini, toprak örneğinin 1.0 N nötr amonyum asetat çözeltisiyle elde edilen toprak süzüğünde belirlenmiştir (Kacar, 1994). Süzüklerdeki K ve Na miktarları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde (AAS), değişebilir Ca ve Mg miktarları ise EDTA ile yapılan titrasyonla belirlenmiştir (Kacar, 1994).

### 3.2.6.3. Sera Koşullarında Toprak Solunumunun Belirlenmesi

Serada CO<sub>2</sub> belirlenmesi amacıyla petri kaplarına 0,3 M NaOH konulmuştur. Bu petri kapları sırasıyla saksıların içerisine yerleştirilmiş ve saksıların üzeri hava almayacak şekilde jelatin ile kapatılmıştır. Kapatma zamanı kaydedilmiştir. Daha sonra erlenmeye 10 mL 0,5 M BaCl<sub>2</sub> konulmuş ve üzerine 5-6 damla indikatör damlatılmıştır. Yaklaşık olarak 2 saat inkübasyon süresi geçtikten sonra saksıların üzeri açılmaya başlanmış ve açılma saati kaydedilmiştir. Açılan saksılar içerisindeki petri kapları dikkatli bir şekilde erlenmeye dökülmüş, içerisinde 0,3 M HCl bulunan büret ile titrasyona tabi tutulmuştur. Harcanan HCl miktarı not edilmiştir. Ayrıca bu analiz sırasında, seranın ortalama sıcaklığı da kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlardan hareketle Şekil 3.4' de doğrudan saksı toprağındaki CO<sub>2</sub> üretim miktarı belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Sera koşullarında toprakların CO<sub>2</sub> üretimi belirlenmesi

### 3.3. İstatistiksel Analizler

Deneme sonunda elde edilen veriler tesadüf parselleri deneme desenine göre istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalamaların önemlilik testi DUNCAN testi ile SPSS 17.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

### 4.1. Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Özellikleri

Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Killi-tın bünyeli deneme toprağı analiz sonuçları Ülgen ve Yurtsever (1995) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre hafif alkalın reaksiyonlu, tuzsuz, fazla kireçli, az fosfor içeriğine sahip, organik madde içeriğı ve azot içeriğı orta, kalsiyum ve magnezyum içeriğı yüksek, sodyum ve potasyum içeriğı yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

| <b>Analiz</b>           | <b>Değer</b> |
|-------------------------|--------------|
| Kum, %                  | 43.18        |
| Kil, %                  | 30.30        |
| Silt, %                 | 26.51        |
| pH (1:1)                | 7.86         |
| EC, dSm <sup>-1</sup>   | 0.52         |
| Toplam N, %             | 0.17         |
| Organik madde, %        | 2.24         |
| CaCO <sub>3</sub> , %   | 20.44        |
| P, mg/kg                | 4.23         |
| Kalsiyum (Ca), cmol/kg  | 19.32        |
| Magnezyum (Mg), cmol/kg | 6.62         |
| Potasyum (K), cmol/kg   | 0.60         |
| Sodyum (Na), cmol/kg    | 0.70         |

### 4.2. Ahır Gübresi ve Pirina Materyali Bazı Kimyasal Özellikleri

Sera denemesinde kullanılacak olan vermikompostun elde edilmesi için alınan ahır gübresi ve pirina materyalinin bazı kimyasal özellikleri Tablo 4.2.'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; ahır gübresi hafif alkalın reaksiyon, elektriksel iletkenlik (EC) değeri tuzsuz, C/N oranı 44,75, organik madde içeriğı %78,7, pirina materyali ise hafif asit reaksiyonlu, hafif tuzlu, C/N oranı 24,65, organik madde içeriğı %92,6 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Ahır gübresi ve Pirina materyali bazı kimyasal özellikleri

| <b>Analiz</b>               | <b>Ahır gübresi</b> | <b>Pirina</b> |
|-----------------------------|---------------------|---------------|
| pH (1/10)                   | 7.74                | 6.30          |
| EC (1/10) dSm <sup>-1</sup> | 0.61                | 2.27          |
| Organik Madde (%)           | 78.7                | 92.6          |
| Organik Karbon (%)          | 53.7                | 45.6          |
| Toplam N (%)                | 1.2                 | 1.85          |
| C/N                         | 44.75               | 24.65         |
| P (%)                       | 1.07                | 0.04          |
| K (%)                       | 0.78                | 1.46          |
| Na (%)                      | 0.23                | 0.13          |
| Ca (%)                      | 4.7                 | 3.18          |
| Mg (%)                      | 1.41                | 0.08          |

### 4.3. Vermikompost Materyallerinin Bazı Kimyasal Analizleri

İki farklı organik materyallerden elde edilen iki farklı vermikompost analizi Tablo 4.3'te verilmiştir. Materyallerin vermikompostlanması ile EC değerlerinde azalma olup, toprakta kullanılmalarında tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Ayrıca *Eisenia fetida* türünden elde edilen vermikompost ürünlerinde tuzluluk oranının daha düşük olduğu belirtilmiştir (Kaviraj, 2003). Vermikompostların yeterli miktarda makro besin elementleri ve çeşitli iz elementler içerdiği bilinmektedir (Huang vd., 2013; Emperor ve Kumar, 2015). Kimyasal analizler sonucu; ahır gübresi ve pirina materyalinin vermikompost elde edilmesi ile pH değerleri nötr, EC değerlerinde düşüş, C:N oranlarında azalma görülmüştür.

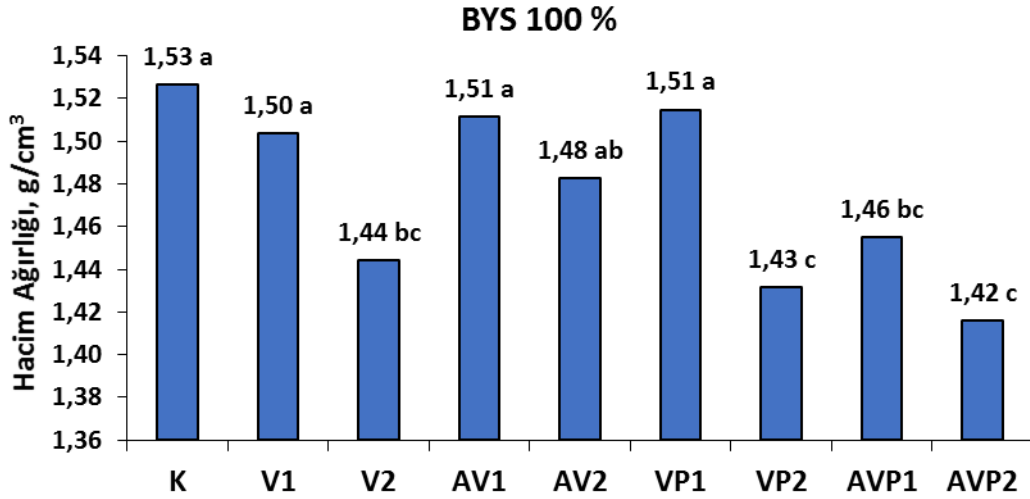
Tablo 4.3. Vermikompost materyallerinin bazı kimyasal analizleri

| <b>Analiz</b>      | <b>Ahır gübresi: Pirina(100:0)<br/>(V)</b> | <b>Ahır gübresi: Pirina(50:50)<br/>(VP)</b> |
|--------------------|--|---|
| pH (1/10)          | 8.15                                       | 7.92  |
| EC (1/10) dS/m     | 0.599                                      | 0.794                                       |
| Organik Madde (%)  | 47.19                                      | 67.39                                       |
| Organik Karbon (%) | 27.37                                      | 39.08                                       |
| Toplam N (%)       | 1.90                                       | 1.78  |
| C/N                | 14.40                                      | 21.96                                       |
| P (%)              | 1.30                                       | 0.85  |
| K (%)              | 0.94                                       | 1.16  |
| Na (%)             | 0.25                                       | 0.20  |
| Ca (%)             | 5.68                                       | 4.36  |
| Mg (%)             | 1.85                                       | 1.23  |

#### 4.4. Vermikompost Materyallerinin Toprağın Bazı Özelliklerine Etkisi

##### 4.4.1. Hacim Ağırlığı

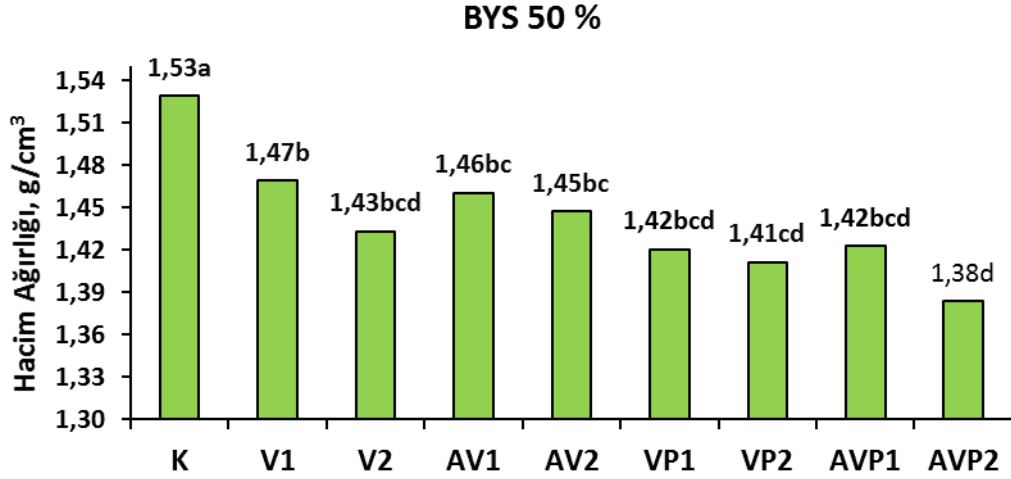
Denemede kullanılan killi tın bünyeli toprağın hacim ağırlığı (HA) Şekil 4.1’de vermicompost uygulamalarıyla istatistiksel olarak çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $P<0.01$ ). En yüksek hacim ağırlığı değeri kontrol (K) uygulamasında ( $1.53 \text{ g/cm}^3$ ) belirlenirken, vermicompost uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak hacim ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Bitkiye yararlı suyun %100 uygulamasıyla artan dozlara bağlı olarak ahır gübresi vermicompostu (V1-V2), asitlendirilmiş ahır gübresi vermicompostundan (AV1-AV2) daha düşük bir HA bulunmuştur. Pürüncü ahır gübresi vermicompostu (VP1-VP2), asitlendirilmiş pürüncü ahır gübresi vermicompostundan (AVP1-AVP2) daha yüksek bir HA elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Bitkiye yararlı suyun %100 uygulamasında iki farklı vermicompostun hacim ağırlığı değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

Şekil 4.2’de vermicompost uygulamalarıyla istatistiksel olarak çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Bitkiye yararlı suyun %50 uygulamasıyla Şekil 4.2 artan dozlarla bağlı olarak ahır gübresi vermicompostu (V1-V2) ve asitlendirilmiş ahır gübresi vermicompostu (AV1-AV2) kontrolden daha düşük HA bulunmuştur. BYS %50 uygulamasında VP1 ve AVP1 hacim ağırlığı değerleri aynı ( $1.42 \text{ g/cm}^3$ ) bulunurken artan dozları ile sırasıyla  $1.41 \text{ g/cm}^3$  ve  $1.38 \text{ g/cm}^3$ ’e düşmüştür. Sonuçlara göre her bir uygulamada organik madde içeriğindeki artışa bağlı olarak hacim ağırlığında azalma olduğu bulunmuştur. Hacim ağırlığı ve organik madde birlikte değerlendirilmektedir (Gülser, 2004). Benzer şekilde Irmak (2021), yaptığı çalışmada vermicompostu %0, %1, %2 ve %4 dozlarında hümik asit ile

karıştırarak killi tın bünyeli toprağa uygulamış ve hacim ağırlığının dozların artışıyla birlikte azaldığını ve bu uygulamalara bağlı olarak toplam porozite değerlerinin arttığını bildirmiştir.



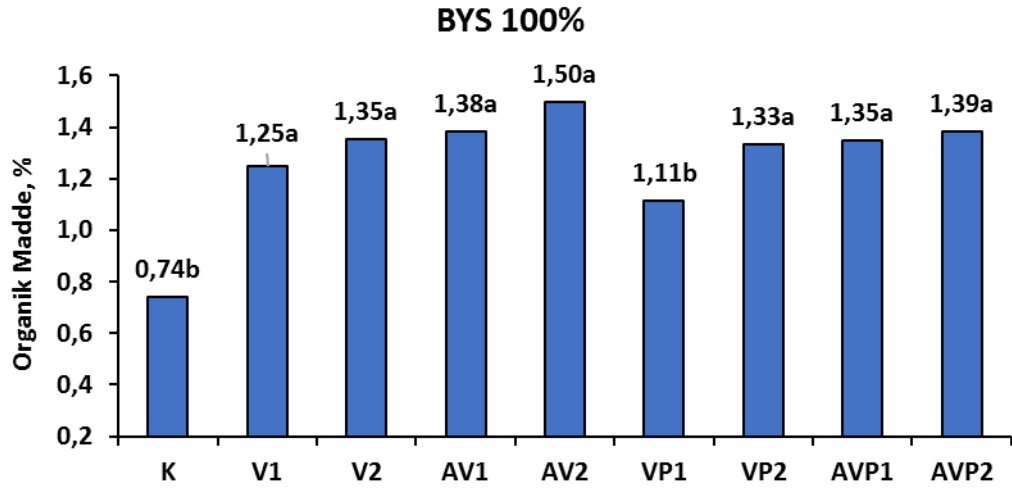
Şekil 4.2. Bitkiye yararlı suyun %50 uygulamasında iki farklı vermicompostun hacim ağırlığı üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

Hacim ağırlığı iki farklı su uygulamaları içerisinde BYS 100% daha yüksek iken BYS 50% daha düşük bulunmuştur. Bu da toprağa uygulanan su miktarına bağlı olarak organik maddenin maksimum nem içeriğine sahip ortamda hızla ayrıştığını ve yüksek nem içeren ortamda mikrobiyal aktivitenin daha fazla olduğunu göstermektedir. Buna bağlı olarak BYS 50% içeriğinde mikrobiyal ayrışma hızı daha yavaş olduğu için ortamda organik madde daha fazla ve hacim ağırlığı düşüktür. Bitkisel üretimde toprak sıkışmasının en önemli göstergelerinden biri olan hacim ağırlığıyla toprağın penetrasyon direnci, gözenekliliği, infiltrasyon hızı ve bitkide kök gelişimi arasında önemli ilişkiler olduğunu belirtilmiştir (Sidiras vd., 2001).

#### 4.4.2. Organik Madde

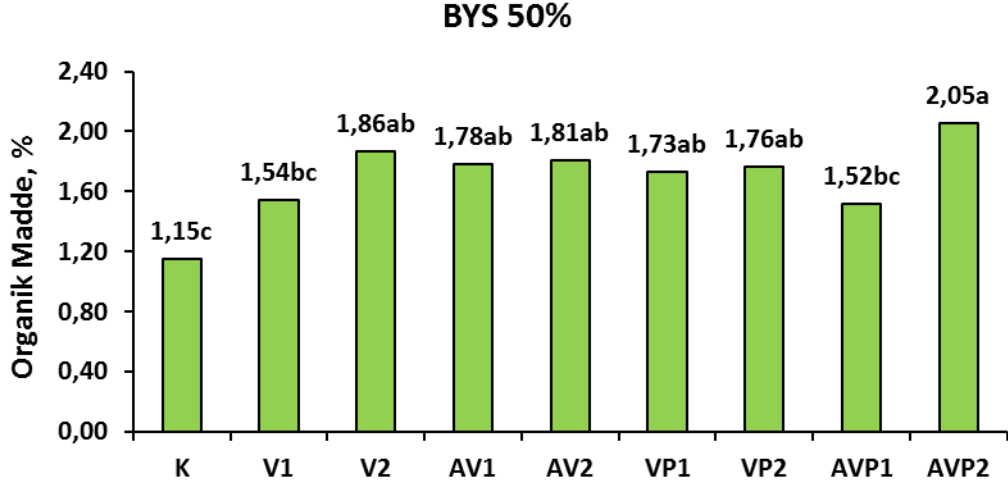
Denemede kullanılan V ve VP vermicompostlarının organik madde içeriği Tablo 4.3'te verilmiştir. İki farklı vermicompost uygulanan toprağın organik madde (OM) içeriği istatistiksel olarak çok önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde artış göstermiştir (Şekil 4.3) Kontrol (K) toprağının %0,74'lük değer ile OM içeriği açısından en düşük olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar arasında organik madde kapsamı en yüksek olan %1,50 değer ile AV2 dozu, en düşük olan ise %1,11 değer ile VP1 dozu olarak saptanmıştır. Yapılan birçok araştırmada, toprağın fiziksel yapısının iyileştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanmasında en çok kullanılan yöntemlerden biri

toprağa organik kökenli materyallerin ilave edilmesi olmuştur (Bender vd., 1998; Yılmaz ve Alagöz, 2000).



Şekil 4.3. Bitkiye yararlı suyun %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun organik madde üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

Şekil 4.4'te organik madde içeriği uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli düzeyde ( $P < 0.01$ ) artmıştır. Kontrol toprağı 1,15 değer ile OM düzeyi en düşük belirlenmiştir. Uygulamalar arasında organik madde içeriği en yüksek %2,05 değer ile AVP2 uygulamasında, en düşük %1,52 değer ile AVP1 uygulamasında belirlenmiştir. Farklı su stresi uygulamaları arasında organik madde içeriği en yüksek BYS'un %50 elde edilirken, en düşük BYS'un %100 uygulamasında belirlenmiştir. Bu farklılık organik madde ayrışması ve mikrobiyolojik süreçler ile suyun miktarı neden olmuş olabilir. BYS %50 uygulamasında Şekil 4.4'te en yüksek organik madde içeriği AVP2 uygulamasında elde edilirken Şekil 4.2'de en düşük hacim ağırlığı olarak belirlenmiştir.



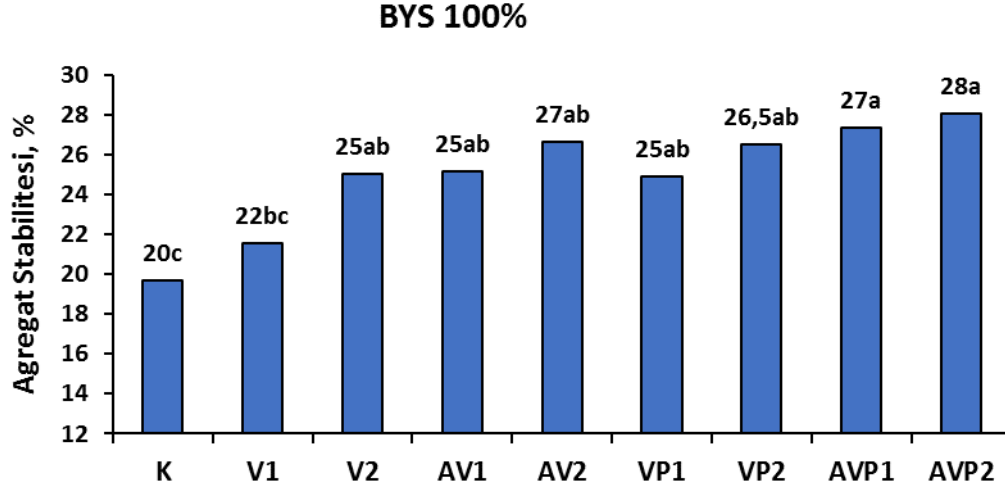
Şekil 4.4. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun organik madde üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

Topraklara organik madde ilavesinin hacim ağırlığı değerini azalttığı yapılan birçok araştırma sonucunda bilinmektedir (İç ve Gülser, 2008; Gülser ve Candemir 2012). Organik maddeden etkilenen toprağın fiziksel parametreleri genellikle gözenek hacmi, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi ve strüktürü olarak kabul edilmektedir (Penezoğlu, 2000). Topraktaki organik madde mineralizasyonu mikrobiyal aktiviteden etkilenmekte ve toplam azot içeriğinin değişmesine neden olmaktadır (Cambardella vd., 2003).

#### 4.4.3. Agregat Stabilitesi

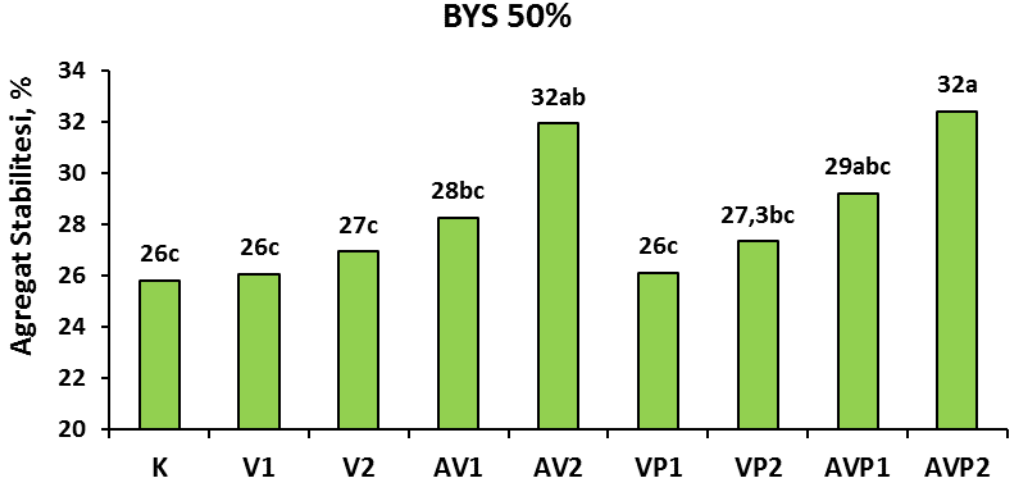
Toprak fiziksel özelliklerinin bir diğer parametresi olan agregat stabilitesi (AS), su ve rüzgâr erozyonu gibi mekanik aşınmalara karşı toprağın stabilitesini ifade etmektedir (Obalum vd. 2019). Toprakta agregat stabilitesi, vermikompost uygulamalarına bağlı olarak Şekil 4.5'te dozlar arasında artış göstermiş fakat istatistiksel olarak önemli düzeyde değişim göstermemiştir. Şekil 4.5'te kontrol toprağı AS değeri %20 en düşük bulunmuştur. Uygulamalar arasında pirina vermikompostu içeren AVP2 uygulaması %28 AS değeri içerirken, ahır gübresi vermikompostu içeren AV2 uygulaması %27 AS değeri belirlenmiştir. Agregat stabilitesi değeri pirina vermikompostu içeren uygulamalar arasın en düşük VP1 dozu %25 bulunurken ahır gübresi vermikompostu içeren uygulamalarda en düşük V1 dozu %22 bulunmuştur. Toprağın AS değerleri Şekil 4.6'da vermikompost uygulamalarıyla istatistiksel olarak çok önemli düzeyde ( $P < 0.01$ ) değişim göstermiştir. Agregat stabilitesi kontrol toprağında %26 değerinde bulunurken en

yüksek %32 değerleri ile AVP2 ve VP2 uygulamaları bulunmuştur. Toprakların agregat stabiliteleri üzerine etkili olan faktörler arasında en önemlisi organik madde içeriğidir. Buna bağlı olarak BYS %50 su stresi uygulamasında Şekil 4.4'te en yüksek organik madde içeriğine sahip olan uygulama dozlarının Şekil 4.6'da agregat stabilitesinde artış belirlenmiştir. Tam olarak ayrışmamış organik madde ile agregat stabilitesi arasında önemli bir ilişki vardır (Shepherd vd., 2002).



Şekil 4.5. Bitkiye yarıyıslı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun agregat stabilitesi üzerine etkileri

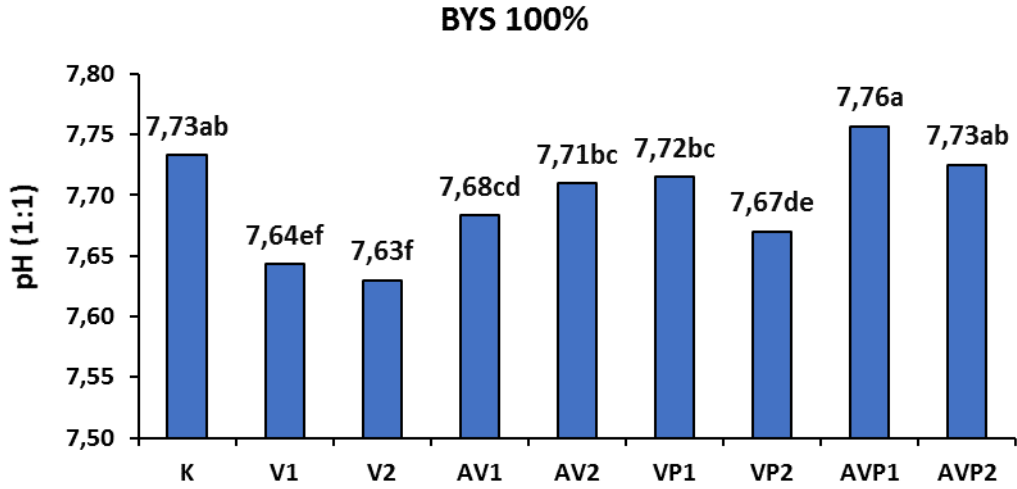
Benzer şekilde Oorts vd. (2007) yaptıkları çalışmada, toprakta organik maddenin birikiminin, makro ve mikro agregat oluşumunda rol aldığını ayrıca makro agregatların organik maddenin degradasyona uğramasını önlemede önemli bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Aktaş ve Yüksel (2020) yaptığı çalışmada organik bir gübre olan vermikompostu artan dozlarda farklı tekstüre sahip iki toprağa uygulamış dozların artışına bağlı olarak organik madde miktarı ve agregat stabilitesi artarken, hacim ağırlığının azaldığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.6. Bitkiye yararılı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun agregat stabilitesi üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

#### 4.4.4. Toprak Reaksiyonu

Bitkiye yararılı su %100 (Şekil 4.7) ve %50 (Şekil 4.8) su stresi uygulamaları toprak reaksiyonunu istatistiksel olarak çok önemli düzeyde değiştirmiştir ( $P < 0.01$ ).

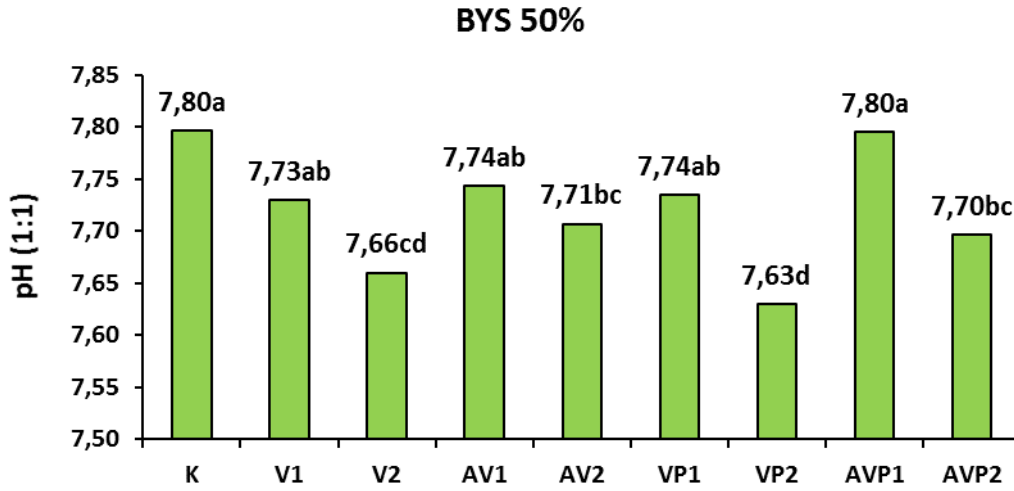


Şekil 4.7. Bitkiye yararılı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak reaksiyonu üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

Denemede kullanılan iki farklı vermikompost (V, VP) materyalleri sitrik asitle pH değerleri 5-5,5 aralığına getirilen AV ve AVP materyallerinin toprağa uygulanması ile 7,64 (V1) pH değerinden 7,68 (AV1) değerine, 7,63 (V2) pH değerinden 7,71 (AV2) değerine, 7,72 (VP1) pH değerinden 7,76 (AVP1) değerine ve 7,67 (VP2) pH değerinden 7,73 (AVP2) değerine artış göstermiştir. Şekil 4.7'de

kontrol toprağı ve AVP2 uygulaması pH değeri 7,73 hafif alkalın reaksiyonda belirlenmiştir.

Kontrol toprağına kıyasla pH değeri V1, V2, AV1, AV2, VP1, VP2 uygulamalarında düşmüştür.



Şekil 4.8. Bitkiye yararılı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak reaksiyonu üzerine etkileri (p<0.01).

Denemede kullanılan iki farklı vermikompost (V ve VP) materyalleri sitrik asitle pH değeri 5-5,5 aralığına getirilen AV ve AVP materyallerinin toprağına uygulanması ile 7,64 (V1) pH değerinden 7,68 (AV1) değerine, 7,63 (V2) pH değerinden 7,71 (AV2) değerine, 7,72 (VP1) pH değerinden 7,76 (AVP1) değerine ve 7,67 (VP2) pH değerinden 7,73 (AVP2) değerine artış göstermiştir. Şekil 4.7’de kontrol toprağı ve AVP2 uygulaması pH değeri 7,73 hafif alkalın reaksiyonda belirlenmiştir. Kontrol toprağına kıyasla pH değeri V1, V2, AV1, AV2, VP1, VP2 uygulamalarında düşmüştür.

Şekil 4.8’de kontrol toprağı ve AVP1 uygulaması pH değeri 7,80 hafif alkalın reaksiyonda belirlenmiştir. BYS %50 su stresi uygulamasında ise 7,73 (V1) pH değerinden 7,74 (AV1) değerine, 7,66 (V2) pH değerinden 7,71 (AV2) değerine 7,74 (VP1) pH değerinden 7,80 (AVP1) değerine ve 7,63 (VP2) pH değerinden 7,70 (AVP2) değerine artış göstermiştir. Böylece sitrik asit uygulamanın deneme sonunda pH reaksiyonunda düşürücü bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir.

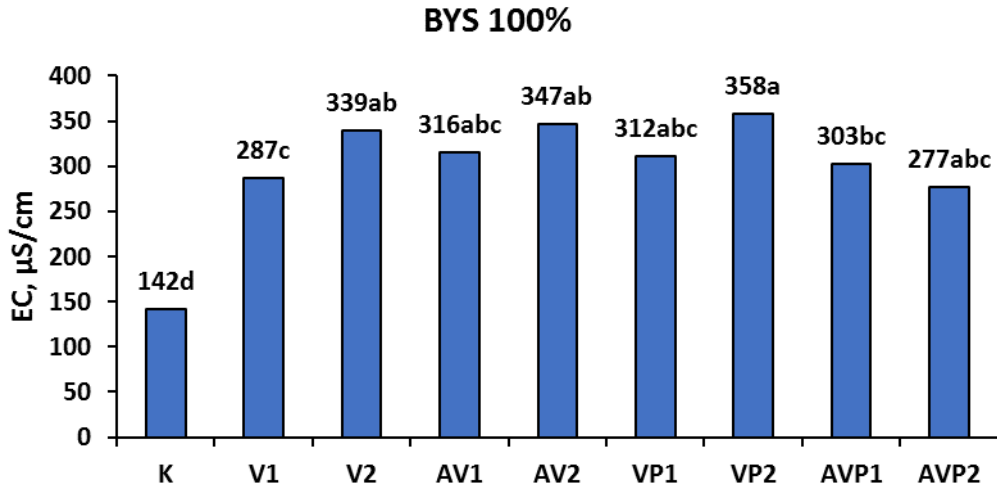
Kontrol toprağına kıyasla pH değeri V1, V2, AV1, AV2, VP1, VP2, AVP2 uygulamalarında düşmüştür. Bu toprak reaksiyonundaki artış, azalışlar, pH

değişiminin yönü ve büyüklüğü, organik madde kaynağının özellikleri, toprak özelliklerine ve fizikokimyasal özelliklere bağlı olabilir (Xu vd., 2006).

Sekar vd. (2013), yaptıkları çalışmada killi-tınlı toprağa uygulanan vermikompostun toprak pH değerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Özkan vd. (2016) yaptıkları çalışmada toprak pH değerinin vermikompost uygulamaları ile artış gösterdiğini bunun istatistiksel olarak %5 seviyesinde önemli olduğunu belirtmişlerdir.

#### 4.4.5. Elektriksel İletkenlik

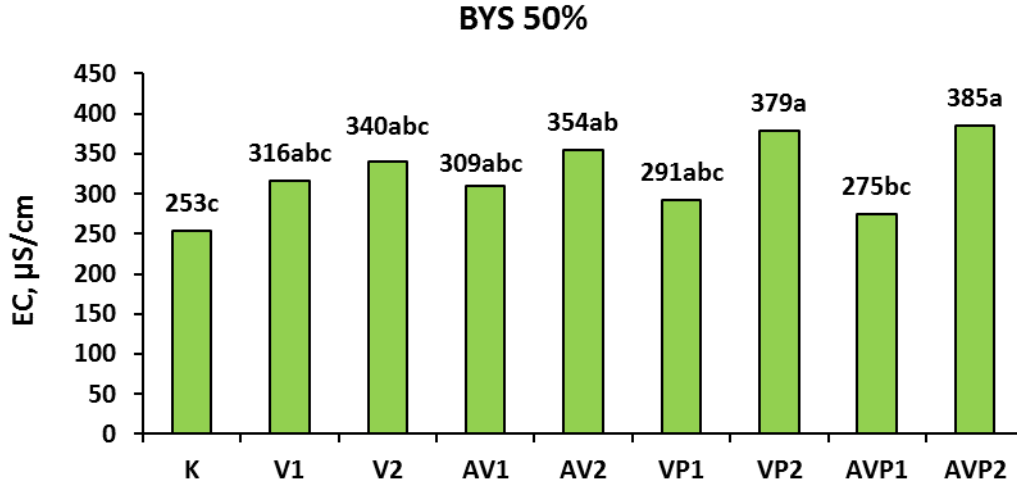
Bitkiye yarayışlı suyun %100 su stresi uygulamasının (Şekil 4.9) toprak EC değerlerinde istatistiksel değerlendirilme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Kontrol (K) toprağının EC değeri  $142 \mu\text{S.cm}^{-1}$  ile tuzsuz sınıfta belirlenmiştir. Artan vermikompost dozlarına bağlı EC değerlerinin artış V2, AV2, VP2 gösterirken, AVP1 uygulaması artan dozu AVP2 uygulaması EC değerinde düşüş belirlenmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek EC değeri  $385 \mu\text{S.cm}^{-1}$  ile VP2 uygulamasında, en düşük EC değeri ise  $277 \mu\text{S.cm}^{-1}$  ile AVP1 uygulamasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun EC üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

BYS'un %50 su stresi uygulamasının (Şekil 4.10) toprak EC değerlerinde istatistiksel değerlendirilme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $P<0.01$ ). Kontrol (K) toprağının EC değeri  $253 \mu\text{S.cm}^{-1}$  ile tuzsuz sınıfta belirlenmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek EC değeri  $385 \mu\text{S.cm}^{-1}$  ile AVP2

uygulamasında, en düşük EC değeri ise 275  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ile AVP1 uygulamasında olduğu bulunmuştur. Şekil 4.10'da uygulamalar arasında artan vermikompost dozlarına bağlı EC değerlerinin artış belirlenmiştir.



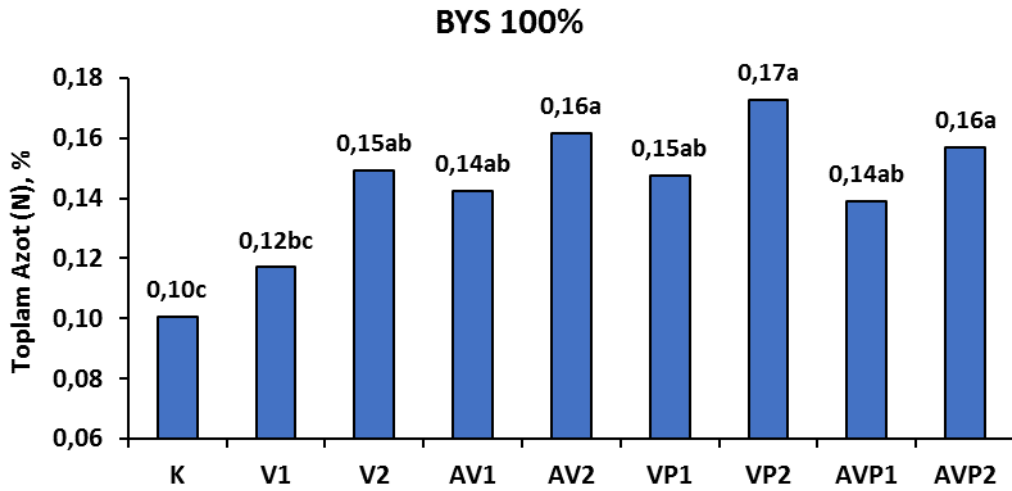
Şekil 4.10. Bitkiye yararlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun EC üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

Aynı şekilde Aktaş, (2018) ve Tavalı vd. (2014a) tarafından yapılan çalışmalar ile; vermikompostun topraklara artan seviyelerde uygulanması, toprakların elektriksel İletkenlik değerlerinde önemli düzeylerde artışlar sağlandığını bildirmişlerdir. Namlı vd. (2014) yaptığı çalışmada arıtma çamurunun vermikompostlanarak toprağa uygulanması ile EC değerleri sınır değerlerin altında olduğunu, toprakta kullanılmalarında tuzluluk oluşturmaları bakımından sorun bulunmadığını bildirmiştir. Materyallerden elde edilen vermikompostun toprağa uygulanması sonucu EC değerleri sınır değerlerinin altında olup, toprakta kullanılmalarında tuzluluk oluşturmaları bakımından sorun bulunmamaktadır.

#### 4.4.6. Toplam Azot

Denemede kullanılan V ve VP vermikompostlarının toplam N içeriği Tablo 4.3'te verilmiştir. İki farklı vermikompost uygulanan toprağın Şekil 4.11'de toplam N içeriği istatistiksel olarak çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $P<0.01$ ). Kontrol (K) toprağın toplam N içerikleri %0.10 seviyesinde iken toprağa artan seviyelerde uygulanan vermikompostun artan dozlarında (V2, AV2, VP2, AVP2) toplam N içeriklerinde önemli artışları meydana getirdiği saptanmıştır. Uygulamalar arasında en yüksek toplam N içeriği %0,17 ile VP2 uygulamasında, en düşük toplam N içeriği %0,12 ile V1 uygulamasında bulunmuştur. Yemişçi (2018) yaptığı

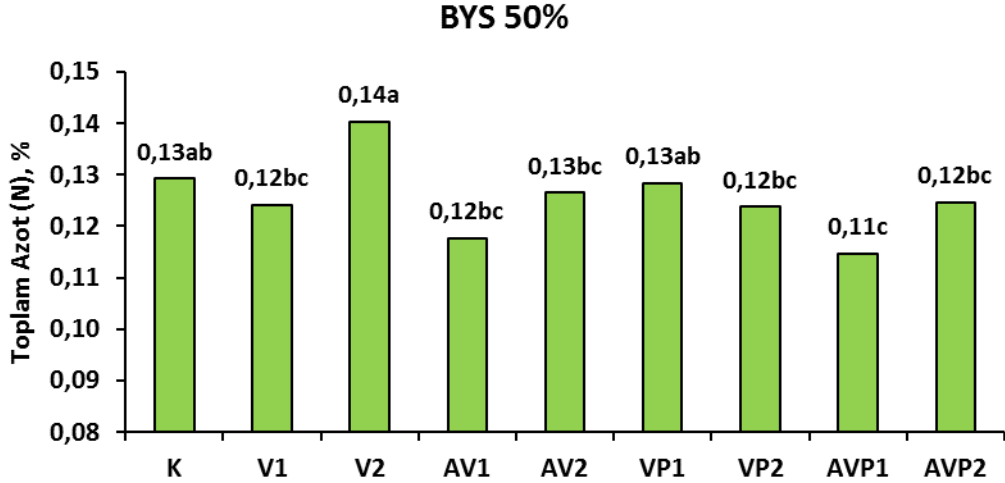
çalışmada farklı dozlarda ve farklı inkübasyon sürelerinde vermikompost uygulamalarının doz artışına bağlı olarak toprakların azot içeriklerinde artış olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Akça (2021), yaptığı çalışmada vermikompostu %0, %1, %2 ve %4 dozlarında hümik asit ile karıştırarak killi tın bünyeli toprağa uygulamış ve vermikompostun arta dozlarının (V1, V2, V3) toprakların toplam N içeriklerinde önemli artışları meydana getirdiği bu artışın vermikompostun bileşiminde bulunan azottan kaynaklandığını bildirmiştir.



Şekil 4.11. Bitkiye yararılı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam N içeriği üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

BYS'un %50 su stresi uygulaması Şekil 4.12'de dozlar arasında toplam N içeriği istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Kontrol (K) toprağının toplam azot içeriği %0,13 bulunurken, uygulamalar arasında en yüksek %0,14 ile V2, en düşük %0,11 ile AVP1 belirlenmiştir. Zahmacıoğlu (2017) sera denemesi olarak yürüttüğü çalışmada iki farklı su uygulamasında brokoli bitkisine vermikompost ve kimyasal gübresi uygulamasının topraklarının azot değerleri arasındaki farklılık varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak  $P < 0.05$  seviye önemli bulunmuştur.

Birçok çalışmada organik atıkların vermikompostlandıktan sonra toprağa uygulanması toprakların toplam azot kapsamalarında artışa neden olduğunu göstermiştir (Garg vd., 2005; Kaushik ve Garg, 2003; Lim vd., 2015).

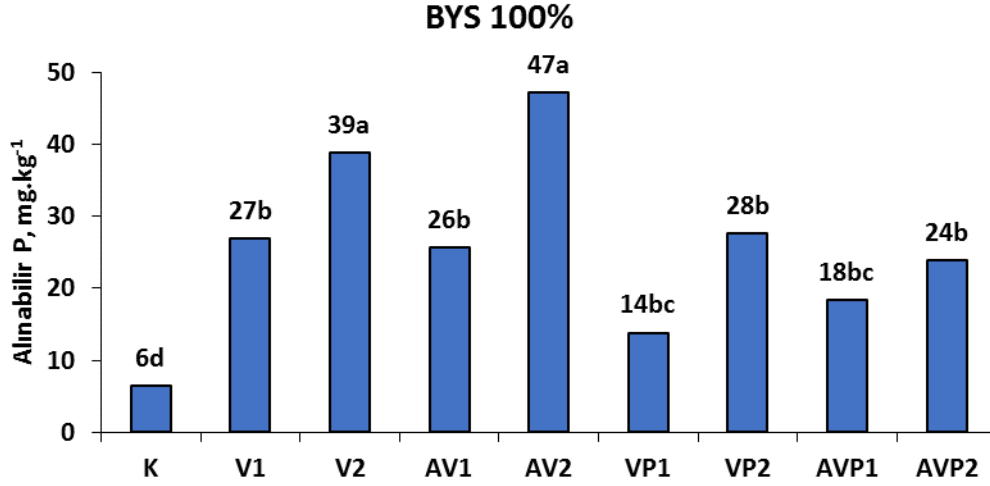


Şekil 4.12. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam N içeriği üzerine etkileri ( $p<0.05$ ).

#### 4.4.7. Alnabilir Fosfor

BYS'un %100 su stresi uygulamasının topraktan alınabilir fosfor (P) içeriklerinde istatistiksel değeriendirilme sonucu çok önemli düzeyde değışim göstermiştir ( $P<0.01$ ). Kontrol uygulamasında alınabilir P içeriği  $6 \text{ mg.kg}^{-1}$  seviyesinde iken toprağa artan seviyelerde uygulanan vermikompost dozlarının alınabilir P içeriklerinde önemli artışları meydana getirdiği saptanmıştır. İki farklı vermikompost materyallerinin fosfor içerikleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

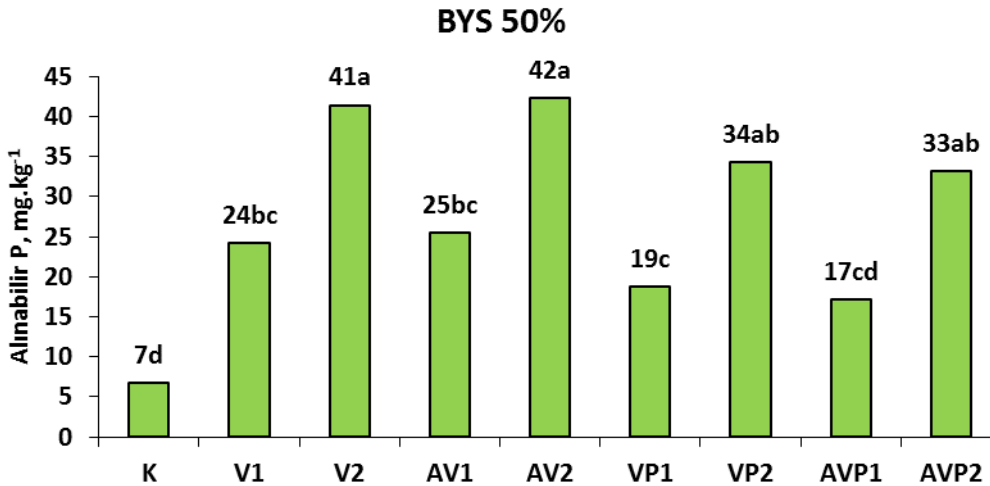
Şekil 4.13'te V ve VP vermikompost uygulamaları arasında VP uygulamalarının fosfor içeriğinin daha düşük olması pirina materyalinin fosfor içeriğinin az olmasından kaynaklanıyor olabilir. Buna rağmen kontrol toprağına kıyasla VP1 fosfor içeriğinde artış gözlemlenmiştir. BY50'un %100 su stresi uygulamasında alınabilir P içeriği en yüksek  $47 \text{ mg.kg}^{-1}$  ile AV2 uygulaması en düşük  $14 \text{ mg.kg}^{-1}$  ile VP1 uygulaması saptanmıştır.



Şekil 4.13. Bitkiye yararışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun alınabilir P içeriği üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

BYS'un %50 su stresi uygulamasının alınabilir P içeriği istatistiksel değerlendirilme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $P<0.01$ ). Kontrol (K) toprağının alınabilir P içeriği  $7 \text{ mg.kg}^{-1}$  bulunurken, uygulamalar arasında en yüksek  $42 \text{ mg.kg}^{-1}$  ile AV2, en düşük  $17 \text{ mg.kg}^{-1}$  ile AVP1 belirlenmiştir.

Özkan vd. (2016), farklı dozlarda vermikompostu kullanarak ıspanak verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmanın sonucunda uygulanan vermikompostun toprak reaksiyonu ile fosfor değerlerinin istatistiksel anlamda önemli olduğunu belirlemişlerdir.

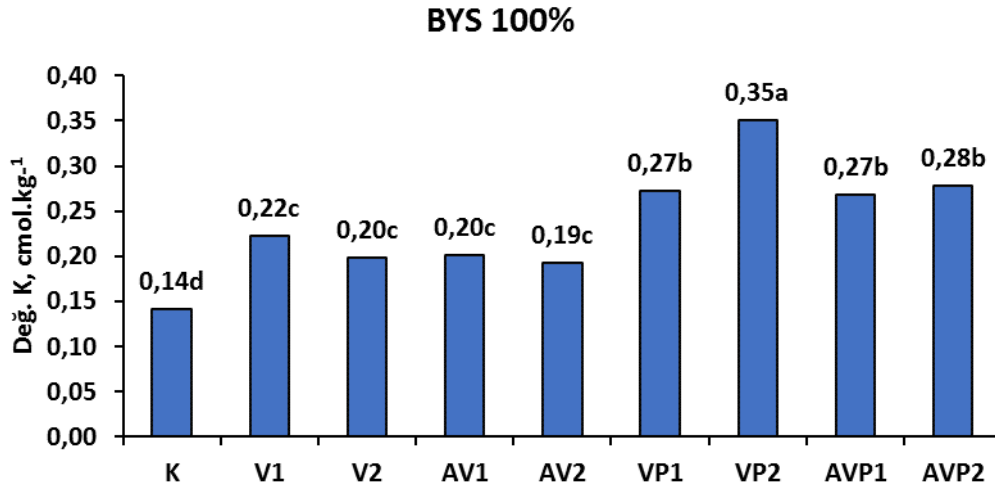


Şekil 4.14. Bitkiye yararışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun alınabilir P içeriği üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

#### 4.4.8. Değişebilir Potasyum

Toprağın değişebilir K içeriği BYS %100 uygulaması ile istatistiksel değerlendirme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Kontrol (K) uygulamasında değişebilir K içeriği  $0,14 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile “çok az düzeyde” K değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Ülgen ve Yurtsever, 1995). Uygulamalar arasında en yüksek değişebilir K değeri  $0,35 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile VP2 uygulaması, en düşük değişebilir K değeri ise  $0,19 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile AV2 uygulaması saptanmıştır. Pirina materyalinin potasyum içeriği %1,46 iken ahır gübresi materyalinin potasyum içeriği %0,78 olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak Şekil 4.15’te VP1, VP2, AVP1 ve AVP2 artış belirlenmiştir.

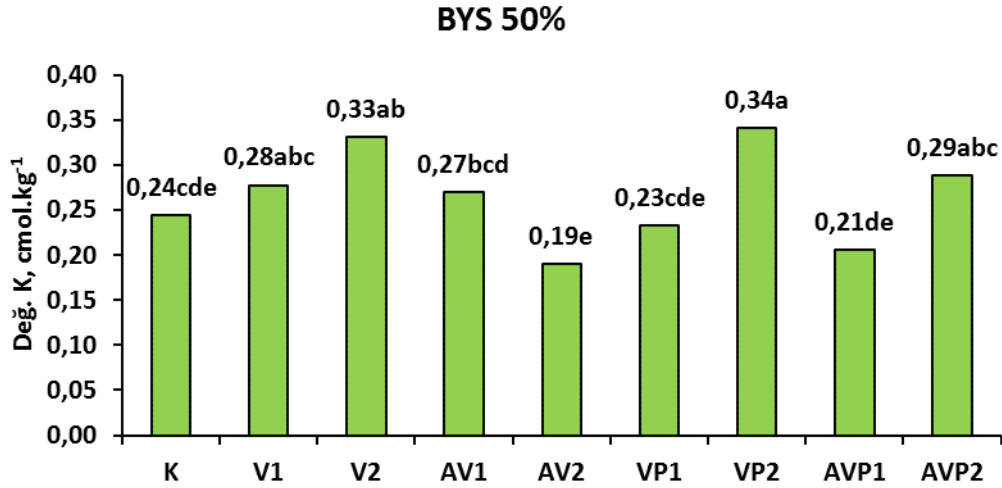
Birçok araştırmacı vermikompost uygulamalarının çeşitli mahsullerin verimini ve büyümesini artırır, çünkü bu organik girdiler fosfatlar, nitratlar ve değiştirilebilir çözünür potasyum ve kalsiyum gibi bitkide bulunan besinler açısından zengindir (Arancon vd., 2006 ; Bachman ve Metzger 2008 ).



Şekil 4.15. Bitkiye yarıyışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir K değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

Şekil 4.16’da verilen BYS %50 su stresi uygulaması ile istatistiksel değerlendirme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Kontrol (K) uygulamasında değişebilir K içeriği  $0,24 \text{ cmol.kg}^{-1}$  iken en düşük değişebilir K içeriği  $0,19 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile AV2 uygulaması belirlenmiştir. V2 ve VP2 uygulamalarının değişebilir K içeriği sırası ile  $0,33 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ve  $0,34 \text{ cmol.kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

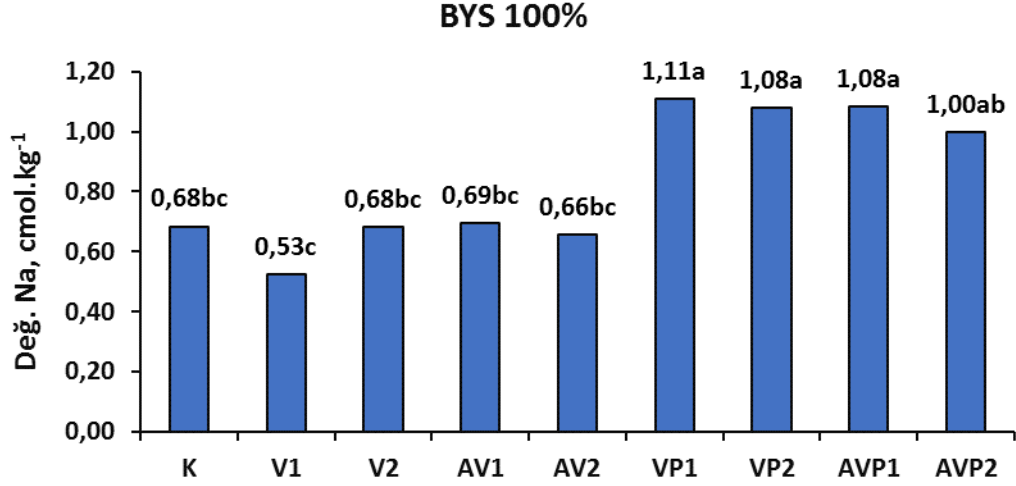
Demir (2019) farklı toprak nem rejimi altında yaptığı bir sera denemesinde vermikompost uygulamalarının kumlu-kil-tunlu toprağın ve marul fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırmış. Farklı vermikompost dozları (%0, %2.5 ve %5 w/w) ve üç toprak suyu rejimi (%100, %50 ve %25) uygulamalarında, vermikompostu artan dozlarında değişebilir K değerleri üzerinde önemli bir artış bulunurken farklı su seviyelerinde değişebilir K değerleri üzerinde önemli bir etki bulunmadığını bildirmiştir.



Şekil 4.16. Bitkiye yararlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir K değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

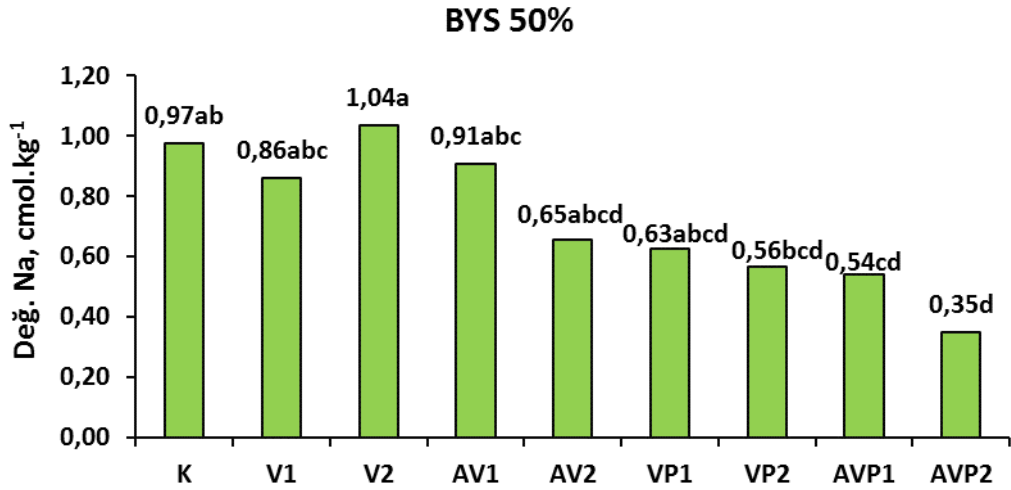
#### 4.4.9. Değişebilir Sodyum

Toprağın değişebilir Na içeriği BYS % 100 uygulaması ile istatistiksel değerlendirme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Uygulamalar arasında en yüksek değişebilir Na değeri  $1,11 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile VP1 uygulaması, en düşük değişebilir Na değeri ise  $0,53 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile V1 uygulaması saptanmıştır. Demir (2020) yaptığı çalışmada Na tuzundan etkilenen topraklarda sodyumun olumsuz etkilerini hafifletmede toprak düzenleyici olarak vermikompost etkisini incelemiştir ve tuzluluğun olumsuz etkilerini azaltmada ve toprak kalitesini artırmada oldukça etkili olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 4.17. Bitkiye yararılı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Na değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

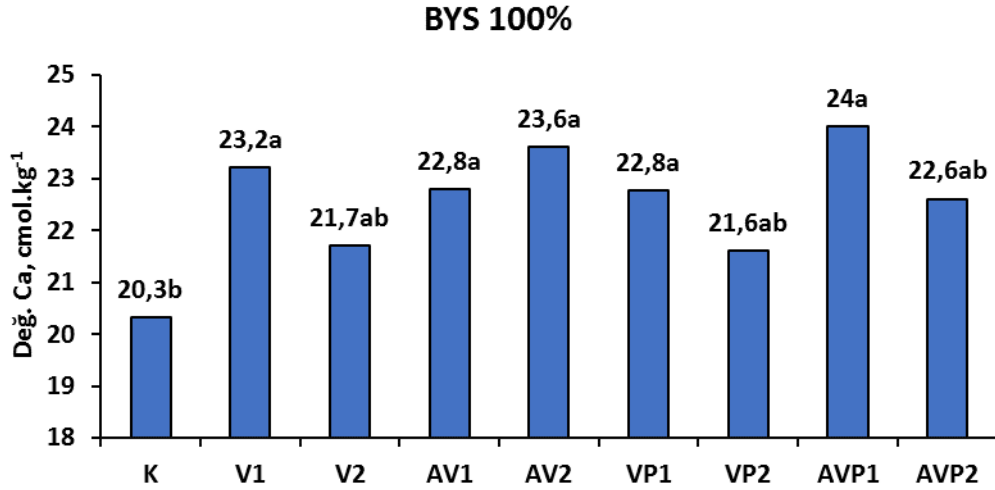
Toprağın değişebilir Na içeriği BYS % 50 uygulaması ile istatistiksel değerlendirme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Uygulamalar arasında en yüksek değişebilir Na değeri  $1,04 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile V2 uygulaması, en düşük değişebilir Na değeri ise  $0,35 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile APV2 uygulaması saptanmıştır.



Şekil 4.18. Bitkiye yararılı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Na değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

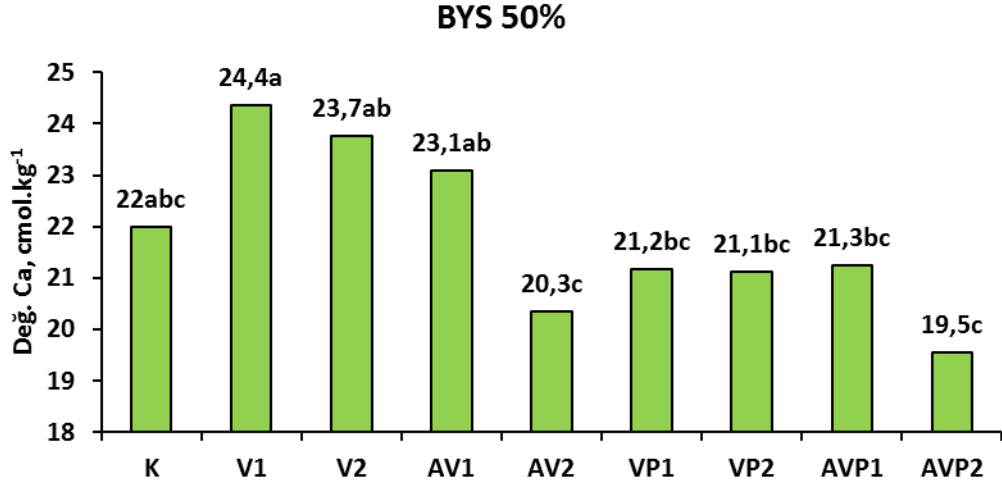
#### 4.4.10. Değişebilir Kalsiyum

Toprağa uygulanan iki farklı vermikompostun BYS %100 su stresi uygulamasının değişebilir Ca değerleri istatistiksel değerlendirilme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Kontrol toprağının değişebilir Ca içeriği  $20,3 \text{ cmol.kg}^{-1}$  en düşük değer olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arasında değişebilir Ca içeriği en yüksek  $24 \text{ cmol.kg}^{-1}$  değer ile AVP1 dozu, en düşük  $21,6 \text{ cmol.kg}^{-1}$  değer ile VP2 dozu belirlenmiştir. Benzer şekilde diğer çalışmalarda organik değişiklikler humus oluşumu yoluyla toprak katyon değişim kapasitesini artışına bağlı olarak besin Ca ve Mg içeriğini arttırdığını bildirmiştir (Azarmi vd., 2008; Demir 2019).



Şekil 4.19. Bitkiye yararlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Ca değerleri üzerine etkileri ( $p<0.01$ ).

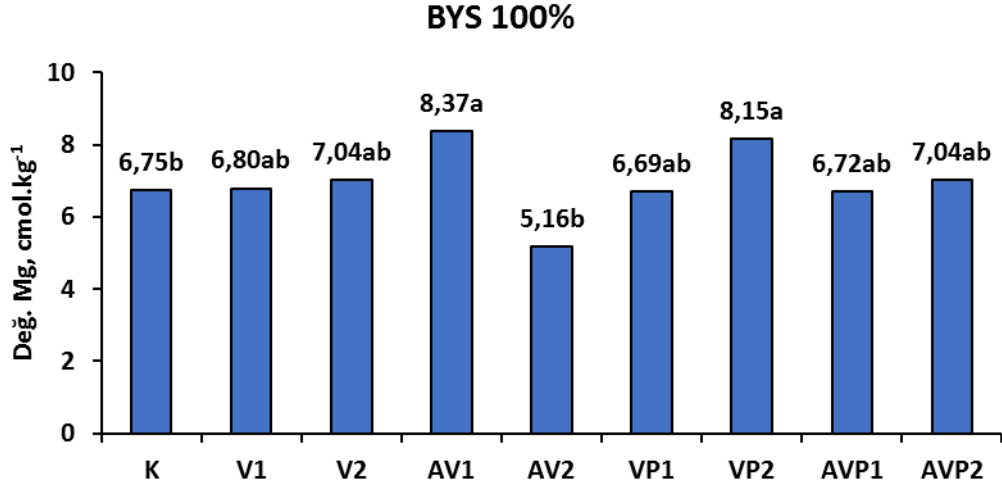
BYS %50 su stresi uygulaması ile istatistiksel değerlendirme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $p<0.01$ ). Kontrol (K) uygulamasında değişebilir Ca içeriği  $22 \text{ cmol.kg}^{-1}$  iken en düşük değişebilir Ca içeriği  $19,5 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile APV2 uygulaması belirlenmiştir. V1 ve VP2 uygulamalarının değişebilir Ca içeriği sıra ile  $24,4 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ve  $23,7 \text{ cmol.kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Aktaş (2018) yaptığı çalışmada farklı dozlarda uygulanan vermikompostun tın bünyeli topraklarda dozlara paralel olarak yararlı Ca içeriğini arttırdığını bildirmiştir.



Şekil 4.20. Bitkiye yarıyışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Ca değerleri üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

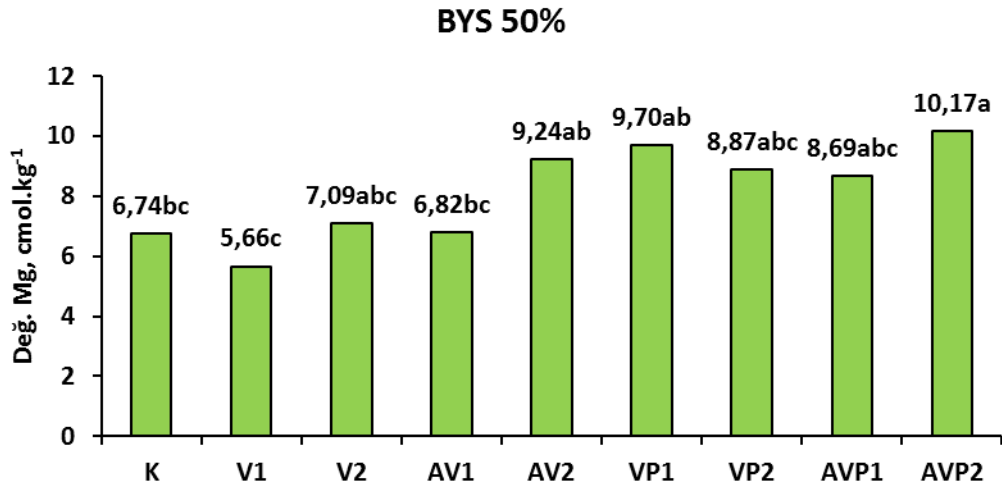
#### 4.4.11. Değişebilir Magnezyum

Toprakta değişebilir Mg içeriği BYS %100 su stresi uygulaması istatistiksel değerlendirilme sonucu önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Kontrol (K) uygulamasında değişebilir Mg içeriği  $6,75 \text{ cmol.kg}^{-1}$  iken en düşük değişebilir Mg içeriği  $5,16 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile AV2 uygulaması belirlenirken en yüksek değişebilir Mg içeriği  $8,37 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile AV1 uygulaması belirlenmiştir. Çıtak vd., (2011) çalışmalarında farklı dozlarda ahır gübresi ve vermikompost uygulamalarının toprakların değişebilir Mg içeriklerinin kontrol uygulamasında 123.6 ppm iken, vermikompost uygulaması ile 147.6 ppm ve ahır gübresi uygulaması ile 314.0 ppm yükseldiğini belirlemişlerdir. Ancak bizim çalışmamızda değişebilir Mg içeriklerinde kontrole kıyasla azalmalar olduğu görülmektedir, bu durumun yetiştiriciliği yapılan bitkinin türü ve yetiştiricilik süresi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.21. Bitkiye yarayışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Mg değerleri üzerine etkileri ( $p < 0.05$ ).

Toprağa uygulanan iki farklı vermikompostun BYS %50 su stresi uygulanmasının değişebilir Mg değerleri istatistiksel değerlendirilme sonucu çok önemli düzeyde değişim göstermiştir ( $P < 0.01$ ). Kontrol (K) uygulamasında değişebilir Mg içeriği  $6,74 \text{ cmol.kg}^{-1}$  iken en düşük değişebilir Mg içeriği  $5,66 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile V1 uygulaması belirlenirken en yüksek değişebilir Mg içeriği  $10,17 \text{ cmol.kg}^{-1}$  ile AVP2 uygulaması belirlenmiştir.

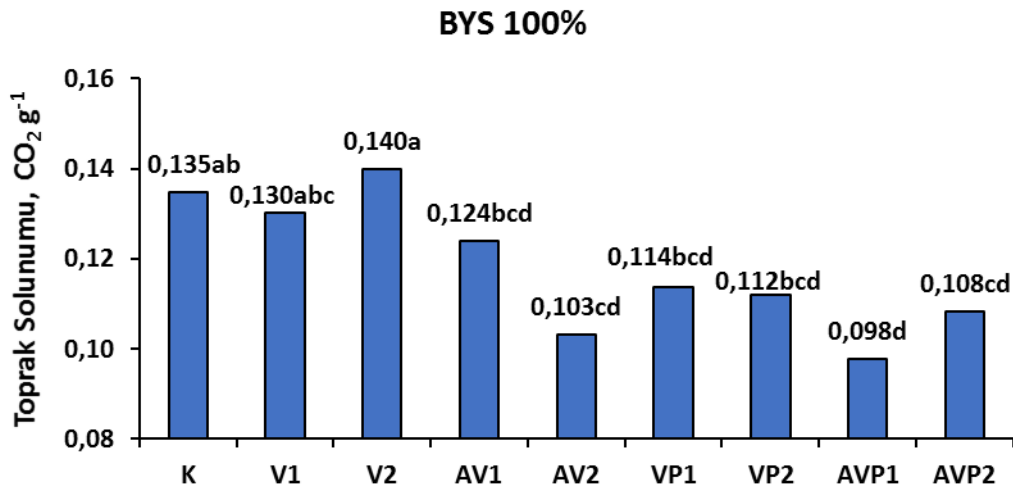


Şekil 4.22. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun değişebilir Mg değerleri üzerine etkileri ( $p < 0.01$ ).

#### 4.4.12. Toprak Solunumu

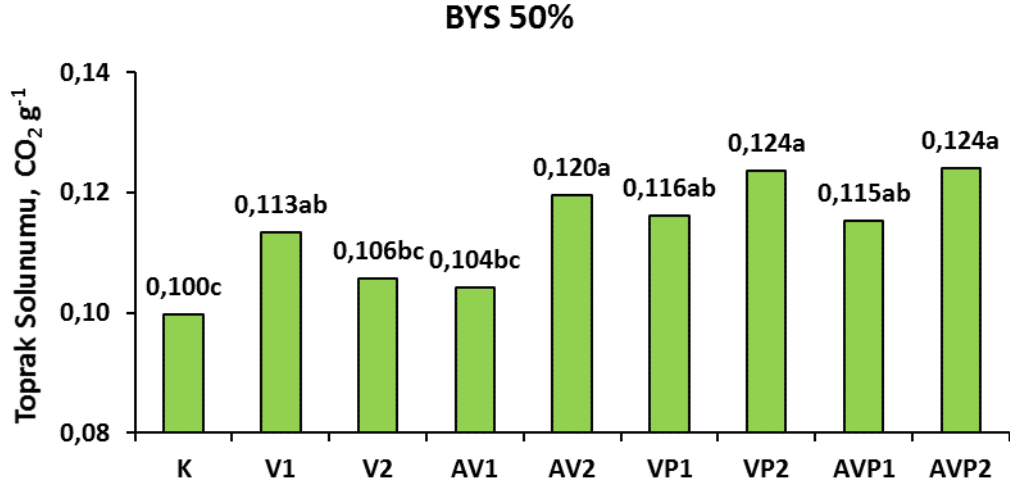
Biber bitkisine BYS %100 ve %50 su stresi ile vermikompost uygulamasının toprak solunumları (CO<sub>2</sub> salınımı) üzerine olan etkileri istatistiksel olarak çok önemli düzeyde artmıştır (p<0.01). BYS % 100 su stresi uygulamasında toprak nem içeriği artışı ile kontrol toprağı, V1, V2, AV1 doz uygulamaları kısmen artış gözlenirken, AV2 dozu CO<sub>2</sub> salınımı azalması uygulanan asitin mikroorganizmaların aktivitesini azalttığını düşündürmektedir.

Şekil 4.23' te pürinalı vermikompost (VP) uygulamalarındaki toprak solunumu azalması, su tutma kapasitesine bağı olarak ortamdaki aşırı nemin biyolojik aktiviteyi azaltması olabilir.



Şekil 4.23. Bitkiye yararışlı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak solunumu üzerine etkileri (p<0.01).

Şekil 4.24'te kontrole kıyasla tüm uygulamalarda toprak solunumu artarken. En fazla artışın pürinalı vermikompost (VP) uygulamaları içerisinde belirlenmiştir. Şekil 4.24'te azalan su içeriğine bağı olarak materyallerin su tutma kapasitelerindeki farklılık ortamdaki biyolojik aktiviteyi etkilediğini göstermektedir.

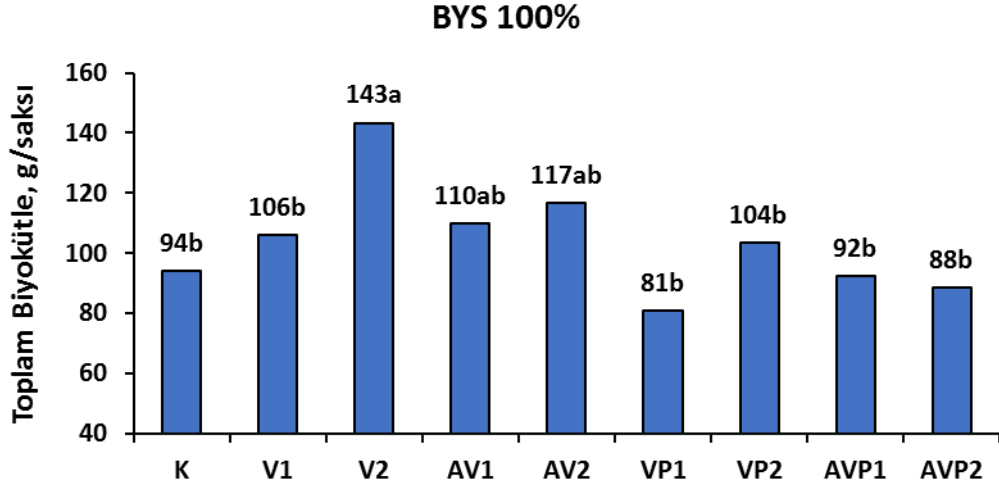


Şekil 4.24. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toprak solunumu üzerine etkileri (p<0.01).

Lee vd. (2009) yaptıkları çalışmada artan toprak nemi ile toprak solunumu arasındaki ilişkiyi yetiştirilen ürüne göre değiştiğini mısır üretiminde karbondioksit salınımı artarken, bu doğrusal ilişki ayçiçeği ve nohut üretiminde görülmediğini bildirmiştir.

#### 4.5. Vermikompost Materyallerinin Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

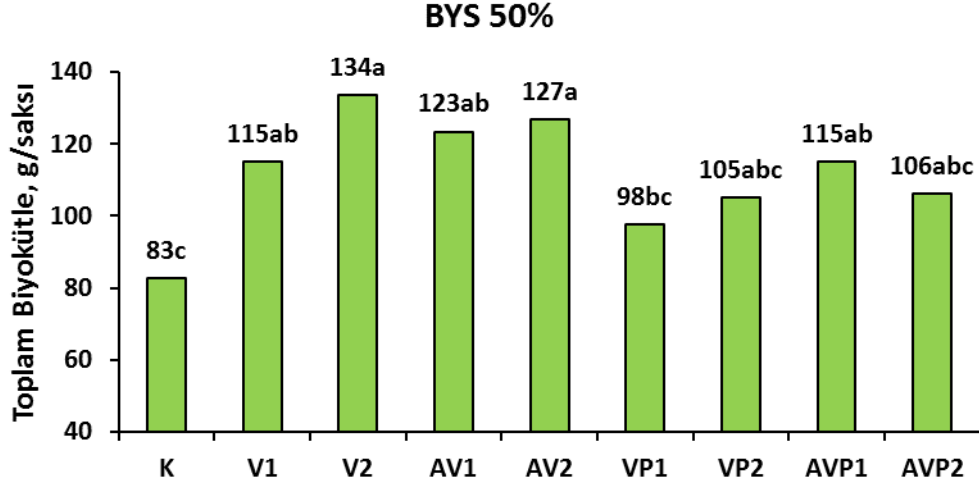
BYS %100 su stresi uygulamasında biber bitkisine vermikompost uygulaması toplam biyokütle verimi istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmıştır (p<0.05) (Şekil 4.23). Kontrole göre toplam biyokütle değerleri uygulamalar sonucunda VP1 dozu uygulamasında azaldığı, VP2 dozu uygulamasında arttığı belirlenmiştir. Uygulamalar içerisinde en yüksek toplam biyokütle 143 g/saksı ile V2 dozu uygulaması belirlenmiştir.



Şekil 4.25. Bitkiye yararılı su %100 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam biyokütle üzerine etkileri ( $p < 0.05$ ).

BYS %50 su stresi uygulamasında biber bitkisine vermikompost uygulaması toplam biyokütle verimi istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmıştır ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.25). Uygulamalar sonucunda kontrole göre toplam biyokütle değerlerinde artış belirlenmiştir. AVP2 dozu hariç toplam biyokütle uygulamaların artan dozlarında V2 (134 g/saksı), AV2 (127 g/saksı), VP2 (105 g/saksı) artış belirlenmiştir.

İki farklı su uygulamaları arasında toplam biyokütle veriminin en fazla BYS %50 su stresi uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.26). Benjamin vd. (2014), mısır bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde su stresiyle kök/gövde biyokütlesi arasında negatif bir ilişki olduğunu, su stresinin artmasına bağlı olarak bitkinin gelişme dönemlerinde kök/gövde oranında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Bazı bitki fizyolojisi, kısıtlı su koşullarında kök/gövde oranının arttığı kaydedilmiştir.



Şekil 4.26. Bitkiye yarayışlı su %50 uygulamasında iki farklı vermikompostun toplam biyokütle üzerine etkileri ( $p < 0.05$ ).

Steiner ve Akintohi (1998), biber bitkisine beş gün aralıklarla yapılan sulamalarının bitki besin maddesi alımını iyileştirdiğini ve fotosentez aktivasyonunu arttırdığını, dolayısıyla bitkinin toplam biyokütlesinde artış gözlemlendiğini belirlemişlerdir. Yılmaz (2022), biber bitkisinde farklı sulama (S100, S75, S50 ve S25) düzeylerinin, meyve verimi, meyve uzunluğu, meyve çapı ve meyve ağırlığı üzerindeki etkilerinin  $p < 0.05$  olasılık düzeyinde önemli olduğunu bildirmiştir. Alaboz vd. (2017), farklı dozlarda vermikompost ve sulama uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve biber bitkisi gelişimi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Tarla kapasitesi ve saksı kapasitesinin yaklaşık %80'i düzeylerindeki günlük sulama koşulları altında biberde verim, bitki boyu, toprak üstü yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve yaprak klorofil içeriği üzerinde önemli bir etki gösterdiğini, uygulanan toplam su miktarı ile verimin doğrusal oranda artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

#### 4.6. Toprak Özellikleri ve Biyolojik Verim Arasındaki İlişkiler

Sera denemesi sonunda elde edilen toprakların bazı özellikleri ile hasat edilen biber bitkisinin toplam biyokütle değerleri arasındaki korelasyonlar Tablo 4.4'de verilmiştir. Tablo 4.4'te su stresi koşulları ortak değerlendirilmiştir. Bitkinin toplam biyokütle değerleri ile P değeri arasında istatistiksel olarak % 1 düzeyinde çok önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Bitkinin toplam biyokütle değerleri %5 önemli düzeyinde toprakların HA, pH ve Na değerleri ile negatif ilişki, OM ve toprak solunumu değerleri pozitif ilişki vermiştir.

Toprak solunumu (CO<sub>2</sub>) içeriği ile toprakların pH, Ca, Na içerikleri arasından %1 düzeyinde çok önemli negatif bir ilişki saptanmıştır. Toprak CO<sub>2</sub> salınımı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, toprak pH'sı, toprak sıcaklığı ve toprak neminin oldukça etkili olduğu bildirilmiştir (Reth vd., 2005).

Toprakların HA değerleri ise AS, OM, EC, P, K, Mg değerleriyle istatistiksel olarak %1 düzeyinde negatif ilişkiler verirken, Na değerleri ile istatistiksel olarak %5 düzeyinde pozitif ilişki vermiştir. Hacim ağırlığının, organik madde ve agregat stabilitesi arasındaki negatif ilişkisi benzer şekilde yapılan çalışmalarda organik madde miktarı ve agregat stabilitesi artarken, hacim ağırlığının azaldığı bildirilmiştir. (Gülser, 2006; Aktaş ve Yüksel, 2020).

Toprakların EC değerleri pH ve HA ile %1 düzeyinde çok önemli negatif ilişkiler verirken, OM, N, P, K değerleri ile çok önemli pozitif ilişkiler vermiştir. Vermikompostun toprak tuzluluğunu ciddi boyutlarda arttırmadığı topraktaki bazı besin elementi değerlerini arttırdığı bazı çalışmalarda vurgulanmıştır (Tavalı vd. 2014a; Garg vd. 2009).

Tablo 4.4. Deneme sonuçları arasındaki korelasyonlar

|            | HA      | AS       | pH      | EC       | OM       | N       | P        | K        | Ca     | Mg       | Na       | CO <sub>2</sub> |
|------------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|--------|----------|----------|-----------------|
| <b>TBK</b> | -0,328* | 0,225    | -0,315* | 0,227    | 0,314*   | -0,002  | 0,582**  | -0,097   | 0,045  | -0,078   | -0,278*  | 0,262*          |
| <b>HA</b>  |         | -0,564** | 0,174   | -0,472** | -0,623** | -0,129  | -0,418** | -0,407** | 0,238  | -0,400** | 0,288*   | 0,029           |
| <b>AS</b>  |         |          | 0,170   | 0,487**  | 0,611**  | 0,222   | 0,370**  | 0,242    | -0,145 | 0,273*   | -0,110   | -0,255          |
| <b>pH</b>  |         |          |         | -0,433** | -0,169   | -0,239  | -0,568** | -0,267   | 0,032  | -0,091   | 0,207    | -0,452**        |
| <b>EC</b>  |         |          |         |          | 0,616**  | 0,404** | 0,654**  | 0,493**  | 0,016  | 0,271*   | -0,113   | -0,056          |
| <b>OM</b>  |         |          |         |          |          | 0,023   | 0,541**  | 0,390**  | -0,105 | 0,395**  | -0,269*  | -0,120          |
| <b>N</b>   |         |          |         |          |          |         | 0,333*   | 0,333*   | 0,220  | -0,101   | 0,393**  | -0,248          |
| <b>P</b>   |         |          |         |          |          |         |          | 0,129    | 0,092  | 0,032    | -0,236   | 0,087           |
| <b>K</b>   |         |          |         |          |          |         |          |          | 0,099  | 0,176    | 0,325*   | -0,346*         |
| <b>Ca</b>  |         |          |         |          |          |         |          |          |        | -0,704** | 0,467**  | -0,448**        |
| <b>Mg</b>  |         |          |         |          |          |         |          |          |        |          | -0,391** | 0,248           |
| <b>Na</b>  |         |          |         |          |          |         |          |          |        |          |          | -0,507**        |

\*istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli,\*\*istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemlidir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada zeytinyağı fabrikası atığı pirinanın ahır gübresiyle birlikte solucanlar yardımı ile kompostlaştırılmasıyla elde edilen orijinal (V, VP) ve asitleştirilmiş vermikompost (AV, AVP) materyallerinin %1 ve %2 dozlarının farklı sulama seviyelerinde (tam:%100 BYS ve kısıtlı: %50 BYS) biber bitkisi verimi ve toprakların bazı özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Genel olarak, vermikompost uygulamaları toprakların OM içeriklerini artırırken hacim ağırlığı değerlerini azaltmıştır. Killi tın bünyeli toprakta en yüksek hacim ağırlığı değeri kontrol uygulamasında belirlenirken, ahır gübresi (V) ve ahır gübresi pirina (VP) karışımından elde edilen vermikompost uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak hacim ağırlığı değerleri azalmıştır. Hacim ağırlığı değerleri genel olarak kısıtlı sulamada tam sulamaya göre daha düşük bulunurken, bunun tam tersi olarak toprakların OM içerikleri ise kısıtlı sulamada tam sulamaya göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek OM içeriği kısıtlı sulamada (AVP2'de) elde edilirken, en düşük OM içeriği tam sulamada kontrol uygulamasında belirlenmiştir. En düşük hacim ağırlığı değeri de en yüksek OM içeriğine sahip AVP2 uygulamasında bulunmuştur.

Toprakların AS değerleri genelde vermikompost uygulamalarıyla artmış, tam sulamada istatistiksel olarak önemli düzeyde değişim göstermezken, kısıtlı sulamada toprağın OM içeriğindeki artışla AS değerleri de önemli düzeyde artmıştır. Toprakların OM içerikleriyle AS değerleri arasında önemli pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Toprak reaksiyonu (pH) genel olarak vermikompost uygulamaları ile kontrol uygulamasına göre düşmüştür. Orijinal vermikompostların %2 doz uygulamaları (V2 ve VP2) toprakların pH değerlerini, sitrik asitle asitleştirilmiş vermikompost (AV ve AVP) uygulamalarına göre daha fazla düşürmüştür. Vermikompost uygulamalarının artan dozlarında pH değerini nötralize yapma eğilimindedir. Ancak uygulamalar arasında asitleştirilmiş vermikompostun deneme sonunda toprak reaksiyonunda orijinal vermikompostla kıyaslandığında çok fazla düşürücü bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Kireçli pH'sı yüksek topraklarda pH değerini düşürmek amacıyla vermikompost veya diğer kompost materyallerinin asitleştirilmesinde, bu çalışmada

kullanılan sitrik asit gibi organik asitler yerine toprakta daha kalıcı etki sağlayabilecek sülfirik asit gibi mineral asitlerin kullanılması önerilebilir.

Elektriksel iletkenlik değerleri genel olarak vermikompostun yüksek doz uygulamalarının yapıldığı kısıtlı sulamada tam sulamaya göre daha yüksek olmuştur. Vermikompost uygulama dozlarının artışına bağlı olarak EC değerleri de artış göstermiştir. Kısıtlı sulama uygulamalarında VP ve AVP uygulamalarının toprak solunum oranlarının tam sulama uygulamalarına göre daha yüksek olması, bu uygulamalarda topraktaki vermikompostun artan mineralizasyonu ile açıklanabilir. Vermikompost uygulamalarında toprakların EC değerlerinin sınır değer kabul edilen 2dS/m'nin altında olması nedeniyle, vermikompost materyallerinin toprakta kullanılmalarının tuzluluk oluşturmaları bakımından sorun oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır.

Genel olarak toprakta toplam N miktarı vermikompost uygulamalarının doz artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Toplam N içeriği tam sulama koşullarında vermikompost uygulamalarının tamamında kontrole göre artış gösterirken, kısıtlı sulamada sadece V2 uygulaması kontrole göre artış sağlamıştır. Toplam biyokütlenin vermikompost uygulamalarına bağlı olarak tam sulama uygulamasıyla karşılaştırıldığında kısıtlı sulamada kontrole göre daha fazla artış göstermesi, topraktaki toplam N'un kısıtlı sulamada bitki tarafından daha fazla kaldırılmış olmasıyla açıklanabilir. Bu nedenle kısıtlı sulamada topraktaki toplam N miktarı tam sulama uygulamalarına göre daha düşük bulunmuş olabilir.

Toprakların yarayışlı fosfor içerikleri vermikompost uygulama dozlarına bağlı olarak kontrole göre her iki sulama koşulunda da artış göstermiştir. Vermikompost materyallerinin asitleştirilmesi kireçli topraktaki yarayışlı P içeriğinin de artışı sağlanmış, her iki sulama koşulunda da en yüksek P içeriği AV2 uygulamasında belirlenmiştir. Ahır gübresi vermikompost (V) uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, pirinadan elde edilen vermikompost uygulamalarında (VP) fosfor içeriklerinin daha düşük olması, pirina materyalinin fosfor içeriğinin düşük olması ile açıklanabilir. Asitleştirilmiş vermikompost materyallerinin kireçli topraklarda uygulanması, topraktaki muhtemel trikalsiyum fosfat olarak çökelmiş P'un yarayışlı duruma getirilmesi bakımından önemlidir. Bu nedenle bu tür kompost materyallerinin kireçli

topraklarda uygulanmadan önce pH değerlerinin düşürülmesi toprak düzenleyici etkilerinin artırılması bakımından önemlidir ve tavsiye edilebilir.

Toprakların değişebilir K içerikleri her iki sulama koşulunda da vermikompost dozlarının artışına bağlı olarak kontrole göre artış göstermiştir. Sadece AV2 dozu AV1 dozuna göre daha düşük artış sağlamıştır. Pirina materyalinin K içeriğinin %1,46 ve ahır gübresinin %0,78 olması, pirina karışımı ile elde edilen VP2 uygulamasının toprakta daha yüksek değişebilir K içeriği sağlamasına neden olmuş olabilir.

Tam sulama koşullarında toprağın değişebilir sodyum içeriği ahır gübresi vermikompost uygulamalarında (V ve AV), pirina vermikompostu uygulamalarına (VP ve AVP) kıyasla daha düşük belirlenirken, kısıtlı sulamada bunun tam tersi bir sonuç belirlenmiştir.

Toprakta değişebilir Ca içeriği tam sulamada kontrole göre tüm dozlarda artış gösterirken, kısıtlı sulamada pirina vermikompost (VP) uygulamalarının tamamı kontrole göre azalış göstermiştir. Değişebilir Mg içerikleri genel olarak vermikompost uygulamalarıyla artış göstermiştir. Kısıtlı sulamada pirina vermikompost uygulamaları (VP ve AVP) değişebilir Mg içeriğini kontrole göre önemli düzeyde artış sağlamıştır.

Toprakların solunum oranı tam sulama koşullarında vermikompost uygulamalarıyla kontrole göre genelde azalırken, kısıtlı sulama koşullarında vermikompost uygulamalarıyla kontrole göre artmıştır. Bu durum kısıtlı sulamada topraktaki nispi doyumluktaki azalmaya bağlı olarak toprağın havalanma kapasitesindeki artışın mikrobiyal aktiviteyi artmış olması ihtimaliyle açıklanabilir. Kısıtlı sulama koşullarında toprakta mikrobiyal aktivitenin artması vermikompost materyallerinin mineralizasyonunu ve dolayısıyla toprakların EC değerlerinin de artışı sağlamış olabilir. Nitekim toplam biyokütle ile solunum oranı arasındaki önemli pozitif ilişki elde edilmeside, özellikle su kısıtı olan koşullarda toplam biyokütledeki artışın topraktaki vermikompost materyalinin mineralizasyon oranıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Genel olarak toplam biyokütle vermikompost uygulamalarıyla kontrole göre artış göstermiş, fakat bu artış kısıtlı sulama koşullarında tam sulamaya göre daha yüksek olmuştur. Tam ve kısıtlı sulama koşullarında verim en fazla V2 dozunda belirlenmiştir.

Zeytinyağı fabrikalarının bir atık sorunu olan zeytin katı atığı pirinanın sürdürülebilir tarım sistemleri için atıkların değerlendirilmesi bakımından solucanlar yardımı ile vermikompostlanarak toprağa geri dönüşümü toprakta kimyasal gübre kullanımının azalmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca biber bitkisinde farklı sulama uygulamaları vermikompost materyallerinin etkilerini değiştirmiş ve kısıtlı sulamada pirina vermikompostu verimi arttırıcı etki yaparken tam sulamada bu etki daha düşük bulunmuştur.

Su kaynaklarının korunması ve devamlılığının sağlanabilmesi amacıyla yapılan su kısıtlamasında bitkinin morfolojik ve agronomik özellikleri su stresine dayanıklı olmalıdır. Bitkiye uygun sulama olanaklarının belirlenmesi su tasarrufunu sağlarken ayrıca bitki gelişimine ve verimine de katkı sağlamakta, aynı zamanda aşırı sulamalar ile bitkide meydana gelebilecek verim kayıplarını azaltarak, topraklarda çoraklaşma ve tuzluluk gibi olumsuz risklerin etkisi de azaltılmış olacaktır.

## KAYNAKÇALAR

- Abu-Rumman, G. (2016). Effect of olive mill solid waste on soil physical properties *International Journal of Soil Science*, 11(3), 94-101.
- Aksu, G., KÖKSAL, S. B., ve ALTAY, H. (2017). Vermikompostun bazı toprak özellikleri ve pazı bitkisinde verim üzerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 123-128.
- Aktaş, T. (2018). Vermikompostun farklı tekstüre sahip topraklarda bitki gelişimine ve toprakların fiziksel kimyasal özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, 66, Tekirdağ.
- Aktaş, T. ve Yüksel, O. (2020). Effects of Vermicompost on Aggregate Stability, Bulk Density and Some Chemical Characteristics of Soils with Different Textures. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1).
- Akça, M. (2021). Vermikompost ve hümitik asit uygulamalarının toprağın biyolojik özellikleri ve buğday verimine etkisi. Yüksek lisans tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Samsun.
- Alaboz, P., Işıldar, A.A., Müjdecı, M., Şenol, H. (2017). Effects of Different Vermicompost and Soil Moisture Levels on Pepper (*Capsicum annum*) Grown and Some Soil Properties, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1): 30-36.
- Ameziane, H., Nounah, A., Khamar, M. and Zouahri, A. (2019). Use of olive pomace as an amendment to improve physicochemical parameters of soil fertility. *Agronomy Research*, 17(6), 2158–2171.
- Aminifardand, M. H., Bayat, H., 2016. Effect of Vermicompost on Fruit Yield and Quality of Bell Pepper. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 3(2): 221-229.
- Anonim.,(2003). Biber Yetiştiriciliği *Cine Dergisi*, Mayıs.
- Arancon, NQ., Edwards, C.A, Lee, S., and Byrne R (2006) Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Eur J Soil Biol* 42:S65–S69.
- Arancon, N.C., Edwards, C.A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P., Metzger, J.D. (2008). Influences of vermicompost, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Soil Ecol*, 39: 91-99.
- Aşık, B. B., ve Katkat, A. V.( 2018). Topraklarda Organik Madde Kaynağı Olarak Atıksu Arıtma Çamurlarının Kullanım Olanakları. *ÇALIŞTAYI Bildiriler*, 37.
- Azarmi, R., Giglou, M.T. and Taleshmikail, R.D. (2008). Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology* 7(14): 2397-2401.
- Bachman, G.R., and Metzger, J.D. (2008). Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresour Technol* 99:3155–3161.
- Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M., Tarakçıoğlu, C., (1998). Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *International symposium on arid region soil. international agrohydrology research and training center, menemen, izmir*, 506-510.
- Benitez, E., Melgar, R., Sainz, H., Gomez, M., and Nogales, R. (2000). Enzyme activities in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annum*, L.) grown with olive cake mulches. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(13), 1829-1835.

- Benjamin, J.G., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Mikha, M.M. and Calderon, F. (2014). Water deficit stress effects on corn (*Zea mays* L.) root:shoot ratio. *Open Journal of Soil Science* 4: 151-160.
- Bray, R. H. ve Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45.
- Bremner, J. M. 1965. inorganic Forms of Nitrogen. In C.A. Black [Ed.]. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy* 9: 1324-1345, Amer. Soc. Agr6t1. Madisan, Wisconsin, U.S.A.
- Cambardella, C. A., Richard, T. L., and Russell, A. (2003). Compost mineralization in soil as a function of composting process conditions. *European Journal of Soil Biology*, 39(3), 117-127.
- Cucci, G., Lacolla, G., and Caranfa, L. (2008). Improvement of soil properties by application of olive oil waste. *Agronomy for sustainable development*, 28(4), 521-526.
- Çağlar, K. Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No:10. Ankara.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., ve Yaşın, S. (2011). Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*spinacia oleracea* var. l) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1):56-69.
- Demir, Z. (2019) Effects of vermicompost on soil physicochemical properties and lettuce (*lactuca sativa* var. *crispa*) yield in greenhouse under different soil water regimes, *communications in soil science and plant analysis*, 50:17, 2151-2168,
- Demir, Z. (2020). Alleviation of adverse effects of sodium on soil physicochemical properties by application of vermicompost. *Compost Science & Utilization*, 28:2, 100-116,
- Demiralay, İ. (1993). Toprağın Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Yayınları Erzurum.
- Ding, Z., Kheir, A. M., Ali, O. A., Hafez, E. M., ElShamey, E. A., Zhou, Z., and Seleiman, M. F. (2021). A vermicompost and deep tillage system to improve saline-sodic soil quality and wheat productivity. *Journal of Environmental Management*, 277, 111388.
- Doan, T.T., Ngo, P.T., Rumpel, C., Nguyen, B.V., Jouquet, P.(2013). Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. *Scientia Horticulturae*, 160: 148-154.
- Emperor, G.N., Kumar, K., (2015). Microbial population and activity on vermicompost of “*Eudrilus eugeniae*” and “*Eisenia fetida*” in different concentrations of tea waste with cow dung and kitchen waste mixture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(10): 496-507.
- Garg, V.K., Chand, S., Chillar, A., Yadav, A., (2005). growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. *Applied Ecology and Environmental Research* 3 (2),51-59.
- Garg, V.K., Gupta, R., and Kaushik P (2009) Vermicomposting of solid textile mill sludge spiked with cow dung and horse dung: a pilot-scale study. *International Journal of Environment and Pollution* 38(4): 385-396.
- Gülser, C., (2004). A Comparison of some physical and chemical soil quality indicators influenced by different crop species. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7(6): 905-911.
- Gülser, C. (2006). Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions. *GEODERMA*, 131:33-44.

- Gülser, C. ve Candemir, F., (2012). Changes in Penetration Resistance of a Clay Field with Organic Waste Applications. Eurasian Journal of Soil Science, 1(1):16-21.
- Goldsmith, C.D., Voung, Q.V., Stathopoulos, C.E., Roach, P.D., Scarlett, C.J. (2018). Ultrasound increases the aqueous extraction of phenolic compounds with high antioxidant activity from olive pomace LWT. Food Science and Technology, 89: 284-290.
- Göğüş, F., and Maskan, M. (2006). Air Drying Characteristics of Solid Waste (pomace) of Olive Oil Processing. Journal of Food Engineering, 72(4): 378-382.
- Huerta, E., Vidal, O., Jarquin, A., Geissen, V., Gomez, R., (2010). Effect of Vermicompost on the Growth and Production Of Amashito Pepper, Interactions with Earthworms and Rhizobacteria. Compost Science & Utilization., 18 (4): 282-288.
- Huang, K., Li, F., Wei, Y., Chen, X. and Fu, X., (2013). Changes of bacterial and fungal community compositions during vermicomposting of vegetable wastes by "Eisenia foetida". Bioresource Technology, 150: 235-241.
- İç, S. ve Gülser, Ç. (2008). Tütün atığının farklı bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 23(2):104-109.
- İşler, N., and Kavdir, Y. (2021). Effects of different soil conditioners on water use efficiency and tomato plant growth in loam and clay loam soils. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 9(1): 153-161.
- Irmak, E. (2021). Hümik asit ile uygulanan vermicompostun toprağın fizikokimyasal özelliklerine etkisi. Yüksek lisans tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Samsun.
- Jackson, M.L. (1962). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. p-183.
- Kacar, B. 1994. Toprak Analizleri. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. A.Ü. Zir. Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, sf: 705, Ankara.
- Kacar, B. (1995). Bitki ve Toprak Kimyasal Analizleri. II. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Yayın No: 3, Ankara.
- Kacar, B., 2016. Biki, Toprak ve Gübre Aanalizleri, Fiziksel ve Kimyasal toprak Analizleri. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No.1524.
- Kavdir, Y. and Killi, D. (2008). Influence of olive oil solid waste applications on soil pH, electrical conductivity, soil nitrogen transformations, carbon content and aggregate stability. Bioresource Technology, 99(7), 2326-2332.
- Kavdir Y, Turhan H, Camcı Çetin S, Kavdir I, Genç L, Killi D, (2010). Zeytin Katı Atığının (Pirina) Toprağa Doğrudan ve Kompost Yapılarak Uygulanmasının, Agregat Stabilizasyonu ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. TUBITAK Proje No: 106O371 sonuç raporu.
- Kaviraj, S.S., 2003. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. Science Direct, 90(2): 169- 173.
- Kaushik, P., Garg V.K., 2003. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with epigeic earthworm *Eisenia foetida*, Bioresource Technology, 90, 311-316.
- Khdaif, A.I., Khdaif, S.I., and Abu-Rumman, G.A. (2019). Dataset on some soil properties improvement by the addition of olive pomace. Data in brief, 24(103878).

- Killi, D., Anlauf, R., Kavdir, Y., and Haworth, M., (2014). Assessing the impact of agro-industrial olive wastes in soil water retention: Implications for remediation of degraded soils and water availability for plant growth. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 94;48-56.
- Lee J, Hopmans JW, Kesel CV, King AP, Evatt KJ, Louie D, Rolston DE, Six J (2009). Tillage and seasonal emissions of CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and NO across a seed bed and at the field scale in a mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129: 378-390.
- Lazcano, C., Gomez-brandon, M., Dominguez, J.(2008). Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*, 72: 1013-1019.
- Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N. and Shak, K.P.Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *J. Sci. Food Agric.*, 95: 1143-1156.
- Liu, M., Wang, C., Liu, X., Lu, Y., and Wang, Y. (2020). Vermikompost ve hümik asit gübresi ile uygulanan tuzlu-alkali toprak, tuz süzülmesini arttırmak ve nitrojen kayıplarını önlemek için makroagrega mikro yapısını iyileştirmiştir. *Uygulamalı Toprak Ekolojisi*, 156, 103705.
- Lozano-Garcia, B., Parras-Alcantara, L., Toro Carrillo de Albornoz, M., (2011). Effects of oil mill wastes on surface soil properties, runoff and soil losses in traditional olive groves in southern Spain. *Catena*, 85(3), 187-193.
- Nada, W. M., Van Rensburg, L., Claassens, S., & Blumenstein, O. (2011). Effect of vermicompost on soil and plant properties of coal spoil in the Lusatian region (Eastern Germany). *Communications in soil science and plant analysis*, 42(16), 1945-1957.
- Namlı, A., Akça, O., Perçimli, C., Beşe, S., Gür, Ş., Arıkan, H., Eser, İ., İzci, E., Gümüşay, E., Tunca, G., Khalau J., Mutafçılar, Z. ve Demirtaş, Ö (2014). Eysel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2 (1) 46 – 56.
- Nasini, L., Gigliotti, G., Balduccini, M.A., Federici, E., Cenci, G., Proietti, P. (2013). Effect of solid olive-mill waste amendment on soil fertility and olive (*Olea europaea* L.) tree activity. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 164, 292-297.
- Obalum, S. E., Uteau-Puschmann, D., and Peth, S. (2019). Reduced tillage and compost effects on soil aggregate stability of a silt-loam Luvisol using different aggregate stability tests. *Soil and Tillage Research*, 189, 217-228.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Deah, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with NaHCO<sub>3</sub>. U.S. Dept. of Agr. Cic. 939. Washington, DC. USA
- Ordóñez, R., Gonzalez, P., Giraldez, J.V., García-Ortiz, A., (1999). Efecto de la enmienda con alperujo sobre los principales nutrientes de un suelo agrícola. In: Muñoz-Carpena, R., Ritter, A., Tascon, C. (Eds.), *Estudios de la Zona no Saturada*. ISBN 84-699-1258-5.
- Oorts, K., Bossuyt, H., Labreuche, J., Merckx, R., Nicolardot, B., (2007). Carbon and nitrogen stocks in relation to organic matter fractions, aggregation and pore size distribution in no-tillage and conventional tillage in northern France. *Eur. J. Soil Sci.* 58, 248-259.
- Özkan, N., Dağlıoğlu, M., Ünser, E., Müftüoğlu, N.M., (2016). Vermikompostun Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) Verimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.)*. 1–5.

- Pacci, S., Kaya, N.S., Turan, İ.D., Odabas, M.S. and Dengiz, O. (2022). Comparative approach for soil quality index based on spatial multi-criteria analysis and artificial neural network. *Arabion Journal of Geosciences*, 15(1), 1-15.
- Paredes, C., Cegarra, J., Roig, A., Sanchez-Monedero, M.A., Bernal, M.P.(1999).Characterization of olive-mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Biosource Technology*, 67, 111-115.
- Penezoğlu, E. E. K. M. (2000). Yeşil gübrelemenin toprağın biyolojik aktivitesi ve organik madde içeriğine etkisi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 10(1).
- Rashed, S., and Ibrahim, M. (2020). Effectiveness of gypsum particle size and vermicompost in reclaiming salt affected soils and Faba Beans productivity. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 11(8): 437-444.
- Reth, S., Reichstein, M., and Falge, E. (2005). The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO<sub>2</sub> efflux-a modified model. *Plant and Soil*, 268 (1): 21-33.
- Rinaldi, M., Rana, G., Introna, M. (2003). Olive mill wastewater spreading in southern Italy: effects on a durum wheat crop. *Field Crops Research*, 84, 319-326.
- Rowell, DL. 1996. *Soil Science: Methods and Applications*. Longman, UK.
- Rodriguez-Quiroz, G., Valenzuela-Quiñonez, W., and Nava-Pérez, E. (2011). Vermicomposting as a nitrogen source in germinating kidney bean in trays. *Journal of plant nutrition*, 34(10), 1418-1423.
- Ryan, J., Estefan, G., Rashid, A., 2001. *Soil and plant analysis laboratory manual*. International center for agricultural research in the dry areas. ICARDA, Syria.
- Saviozzi, A., Levi-Minzi, R., Cardelli, R., Biasci, A., Riffaldi, R. (2001). Suitability os moist olive pomace as soil amendment. *Water, Air and Soil Pollution*, 128, 13-22.
- Sekar, J., Jayanthi, L. and Parthasarathi, K. (2013). Efficiency of vermicompost supplementation with inorganic fertilizers on growth and yield in chilli (*Capsicum annum* L.). *Review of Research*, 3:3, 1-6.
- Sinha, R. K., S., Agarwa, Chauhan, K., Chandran, V. and Soni, B. K. 2010. *Vermiculture Technology: Reviving the Dreams of Sir Charles Darwin for Scientific Use of Earthworms in Sustainable Development Programs*. *Technology and Investment*, 1: 155-172.
- Sidiras, N., Bilalis, D., Vavoulidou, E. (2001). Effects of tillage and fertilization on some selected physical properties of soil (0-30 cm depth) and on the root growth dynamic of winter barley. *Journal of Agronomy and Crop Science* 187(3): 167-176.
- Shepherd, M.A., Harrison, R., Webb, J., 2002. Managing soil organic matter implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18:284-292.
- Steiner, J. J. and Akintohi, D.C., (1998). Effect of irrigation interval on harvest maturity of onion bulb size. *Hort. Sci.* 21(3): 1220-1221.
- Sumner, M., (2000). *Handbook of soil science*. CRC Press Washington, USA. 77-87.
- Şimşek-Erşahin, Ş.Y. (2007). Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 99-107.
- Tavali, İ. E., Maltaş, A. Ş., Uz, İ. ve Kaplan, M. (2014a). Vermikompostun beyaz baş lahananın (*Brassica oleracea* var. *alba*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27:1, 61- 67.

- Tejada, M., García-Martínez A.M. and Parrado, J. 2009. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. *Catena*, 77(3): 238–247.
- Ülgen, N., Yurtsever, N., (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Bağbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 209. Teknik Yayınlar No: T.66. s.230. Ankara
- Uz, I., Sonmez, S., Tavalı, I. E., Çıtak, S., Uras, D. S., and Citak, S. (2016). Effect of Vermicompost on Chemical and Biological Properties of an Alkaline Soil with High Lime Content during Celery (*Apium graveolens* L. var. *dulce* Mill.) Production. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 280-290.
- Yemişçi, A. (2018). Vermikompost gübresinin toprakların biyolojik özelliklerine etkileri. Yüksek lisans tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Erzurum.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, Z. (2000). Farklı kökenli organik materyallerin toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. Cilt: 13, Sayı: 2, Sayfa: 223-229 ANTALYA.
- Yılmaz, S. (2022). Farklı sulama seviyelerinin sivri biber (*Capsicum annum* L.) verim ve kalitesi üzerine etkileri. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zahmacıoğlu, A. (2017). Sera koşullarında vermicompost ve amonyum nitrat uygulamalarının brokoli (*brassica oleracea* l. var *Ítalica*) bitkisine etkisinin toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Xu, J. M., Tang, C., and Chen, Z. L. (2006). The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(4), 709-719.

## ÖZ GEÇMİŞ

Belkıs KARAPIÇAK, Liseyi İstanbul Atakent Lisesi'nde bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'nden 2019 yılında mezun oldu. 2019 yılından itibaren Ondokuz Mayıs Üniversitesinde Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini yapmaktadır.

### İletişim Bilgileri

ORCID ID :0000-0002-5882-3769

### Yayınlar:

1. Karapıçak, B., Kizilkaya, R., Gülser, C., and Ay, A. (2021). Total zinc contents of composted and vermicomposted olive pomace waste with manure. International Soil Science Symposium on "SOIL SCIENCE and PLANT NUTRITION" 18 – 19 December 2021 Ondokuz Mayıs University Samsun TURKEY, 57-61.
2. Ojeade, D., Gülser, C., Elnaker, N., Elgendy, H., and Karapıçak, B. (2021). The effect of vermicompost addition and soybean planting on soil physical properties. International Soil Science Symposium on "SOIL SCIENCE and PLANT NUTRITION" 18 – 19 December 2021 Ondokuz Mayıs University Samsun TURKEY, 1-6.