ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEŞİTLİ ORGANİK ATIKLARDAN ELDE EDİLEN BİYOKÖMÜR VE HİDROKÖMÜRLERİN MISIR BİTKİSİ YETİŞTİRİLEN SERA KOŞULLARINDA TOPRAK BAKTERİYEL ÇEŞİTLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Bahar SEVİLİR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ANKARA
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Bahar SEVİLİR tarafından hazırlanan "**Çeşitli Organik Atıklardan Elde Edilen Biyokömür Ve Hidrokömürlerin Mısır Bitkisi Yetiştirilen Sera Koşullarında Toprak Bakteriyel Çeşitliliği Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi**" adlı tez çalışması 20/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Ayten Namlı
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. İlker UZ
Akdeniz Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM
Enstitü Müdür Vekili

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

20/08/2019



Bahar SEVİLİR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEŞİTLİ ORGANİK ATIKLARDAN ELDE EDİLEN BİYOKÖMÜR VE HİDROKÖMÜRLERİN MISIR BİTKİSİ YETİŞTİRİLEN SERA KOŞULLARINDA TOPRAK BAKTERİYEL ÇEŞİTLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Bahar SEVİLİR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY

Topraklara biyokömür uygulaması toprak organik madde konsantrasyonunu, toprak verimliliğini, tarımsal üretimi arttırmakla birlikte toprak mikrobiyal biyokütle ve faaliyetlerini de etkilemektedir. Biyokömür, üretildiği organik maddeye ve elde edildiği karbonizasyon koşullarına bağlı olarak toprak fizikokimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde farklı etkilere sahiptir. Türkiye koşullarında pirolitik biyokömürlerin çeşitli toprak özellikleri üzerindeki uyarıcı etkilerine yönelik birçok araştırma yapılmış ancak toprağın biyolojik özellikleri üzerindeki etkisine yeteri kadar odaklanılmamıştır. Bunun yanısıra, hidrotermal biyokömürlerin toprak biyolojik özellikleri üzerindeki etkileri hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu nedenle, bu araştırmada, üç farklı organik atıktan elde edilen pirolitik ve hidrotermal biyokömürlerin bakteriyel topluluk yapısı ve mısırın besin maddesi alımı üzerindeki etkilerini belirlemek için bir sera denemesi kurulmuştur.

Mısır ile yapılan saksı denemesi, bir sera koşullarında, atık çamurdan (Aç), tavuk gübresinden (Tg) ve zeytinyağı küspesi (Zk) elde edilen üç pirolitik ve üç hidrotermal biyokömür ile gerçekleştirilmiştir. Biyokömür farklı dozları (1, 2 ve 4 t /da) uygulanan saksılarda toprak bakteri çeşitliliği, yeni nesil DNA dizi analizi kullanılarak incelenmiştir. Genel olarak, bakteriyel topluluk yapısı biyokömür ilave edilmiş toprakta kontrol ile kıyaslandığında biyokömür uygulama dozu pozitif etki göstermiştir. Hidrotermal biyokömürler'in (Haç, Htg ve Hzk) tümü bakteri topluluk yapısını önemli ölçüde etkilerken, pirolitik biyokömürlerde sadece (Ptg) uygulaması bakteri topluluk yapısını istatistiksel açıdan önemli ölçüde etkilemiştir. Genel olarak, farklı karbonizasyon yöntemleri ve farklı organik atıklardan elde edilen biyokömürler kaynakları toprak mikrobiyel topluluğunu etkileyen önemli faktörler olduğu saptanmıştır.

Ağustos 2019, 59 sayfa

Anahtar Kelimeler: toprak düzenleyici, organik atıklar, piroliz, hidrotermal karbonizasyon, mısır, bakteriyel çeşitlilik, Yeni Nesil DNA dizilime

ABSTRACT

Master Thesis

EVALUATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT BIOCHARS AND HYDROCHARS, OBTAINED FROM VARIOUS ORGANIC WASTES ON SOIL BACTERIAL DIVERSİTY UNDER MAIZE GROWTH IN GREENHOUSE CONDITIONS.

Bahar SEVILIR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Oguz Can TURGAY

Biochar application to soils can increase the concentration of soil organic matter, improve soil fertility, enhance agricultural productivity and affect soil microbial biomass and their activities. A biochar may have different effects on soil physicochemical and biological characteristics depending on its origin and the carbonization conditions to obtain biochar. So far many researches have been done on the stimulatory influences of pyrolytic biochars obtained from the pyrolysis of various organic waste materials on various soil properties. On the other hand, limited information has been existed regarding potential benefits of hydrothermal biochars obtained from hydrothermal carbonization as soil conditioning material. Therefore, in this research, we established a pot experiment to reveal the effects of pyrolytic and hydrothermal biochars obtained from three organic waste materials on bacterial community structure and plant nutrient uptake of maize (*Zea mays*).

The pot experiment with maize was carried out with three pyrolytic and three hydrothermal biochars obtained from sewage sludge (SS), poultry manure (PM), and olive oil waste (OW) in a greenhouse conditions. Soil bacterial diversity of the pots applied with biochars at different application doses 1, 2 and 4 t/10da were investigated using high-throughput sequencing. In general, bacterial community structure significantly changed in biochar-amended soil compared to the control and was positively correlated with the application dose of biochar. All of hydrothermal biochars (H_{SS}, H_{PM} and H_{OW}) significantly affected bacterial community structure while only (P_{PM}) had a significant effect on bacterial community structure. Overall, our results suggested that biochars obtained from different carbonization process or biomass source have different impact on soil microbial community.

August 2019, 59 pages

Key Words: soil conditioner, organic wastes, pyrolysis, hydrotermal carbonization, pyrochar, hydrochar, corn, bacterial diversity, next generation DNA sequencing

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman destek veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY'a (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), tez çalışmam boyunca katkı ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Ayten NAMLI'ya, Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK'a (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı),yurt dışında bulunduğum süre boyunca tez çalışmamda katkı ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Naoki HARADA'ya (Niigata Üniversitesi Toprak Bilimi), Yrd. Doç. Dr. Kazuki SUZUKI'ye (Niigata Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak laboratuvarı), ve önerileriyle bana her zaman yol gösteren Yrd. Doç. Dr. Raşit ASİLOĞLU'na (Niigata Üniversitesi Toprak Bilimi), yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteğini ve yardımını eksik etmeyen Sayın Dr. Esra GÜNERİ'ye (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), tezimin istatistiksel analizlerinde bana yardımcı olan Dr. Abdelbagi MOHAMEDELNOUR (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı), ve maddi desteklerinden dolayı TEMA Vakfı Turan Demiraslan burs programına,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans'ım süresince büyük yardımlarını gördüğüm ve beni her zaman destekleyen aileme sonsuz teşekkürler ediyorum. Burada ismini bahsedemediğim üzerimde emeği olan herkese saygı, sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Bahar SEVİLİR

Ankara, Ağustos 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK ..... **i**
ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ÖZETLERİ **7**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **14**
3.1 Materyal **14**
3.1.1 Araştırmada kullanılan toprağın alındığı yer **14**
3.1.2 Toprak örneğinin alınması, deneme ve analize hazırlanması **14**
3.1.3 Tohum **14**
3.1.4 Kimyasal Gübre **14**
3.1.5 Organik atıkların temini **15**
3.1.6 Biyokömür eldesi **15**
3.1.6.1 Piroliz yöntemi **15**
3.1.6.2 Hidrotermal karbonizasyon (HTC) yöntemi **15**
3.2 Yöntem **16**
3.2.1 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinde uygulanan yöntemler **16**
3.2.1.1 Tekstür (Bünye) **16**
3.2.1.2 Toprak reaksiyonu (pH) **17**
3.2.1.3 Elektriksel iletkenlik (EC) **17**
3.2.1.4 Organik madde **17**
3.2.1.5 Kireç ($CaCO_3$) **17**
3.2.1.6 Toplam azot (N) **17**
3.2.1.7 Toprakta yarayışlı fosfor (P) düzeyi **17**
3.2.2 Bakteriyel topluluk yapısı analizi **17**
3.2.3 Bitki analizleri **19**
3.2.3.1 Bitki toplam fosfor (P) içeriği **19**
3.2.3.2 Bitki toplam azot (N) içeriği **19**
3.2.3.3 Bitki kuru ağırlık içeriği **19**
3.2.4 Biyokömür analizleri **19**
3.2.4.1 Biyokömür pH analizi **19**
3.2.4.2 Biyokömür elektriksel iletkenlik (EC) analizi **20**
3.2.4.3 Biyokömür organik madde analizi **20**
3.2.4.4 Biyokömür toplam azot (N) analizi **20**
3.2.4.5 Biyokömür alınabilir fosfor (P) analizi **20**
3.3 Sera Denemesi Kurulması **21**
3.4 Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler **21**
3.4.1 DNA veri analizi **21**
3.4.2 Bitki ve diğer toprak verilerinin istatistiksel analizleri **22**

4. BULGULAR ve TARTIŞMA 23
4.1 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bitki Kuru Ağırlığı..... 23
4.2 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bitki Azot Sonuçları..... 24
4.3 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bitki Fosfor Sonuçları 27
4.4 Toprak Örneğinde Yapılan Temel Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları..... 28
4.5 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Azot Sonuçları 29
4.6 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Fosfor Sonuçları 31
4.7 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Kireç Sonuçları..... 32
4.8 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak pH Sonuçları 34
4.9 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Organik Madde Sonuçları..... 36
4.10 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bakteriyel Taksonomik Bilgi 38
4.11 NMDS (Parametrik Olmayan Çok Boyutlu Ölçeklendirme) Analizi 39
4.12 NMDS Analizi; Bitki, Toprak Kimyasal Özelllikleri ile Bakteriyel Topluluk Yapı Analizi 40
4.13 Uygulanan Biyokömür Dozlarının (1t/da) Bakteriyel Gruplar Üzerinde Etkisi 42
4.14 Uygulanan Biyokömür Dozlarının (2t/da) Bakteriyel Gruplar Üzerinde Etkisi 43
4.15 Uygulanan Biyokömür Dozlarının (4t/da) Bakteriyel Gruplar Üzerinde Etkisi 44
4.16 LEfSe Analizi ile Farklı Karbonizasyon Yöntemlerinin Arıtma Çamuru Üzerindeki Etkisi 45
4.17 LEfSe Analizi ile Farklı Karbonizasyon Yöntemlerinin Tavuk Gübresi Üzerindeki Etkisi 46
4.18 LEfSe Analizi ile Farklı Karbonizasyon Yöntemlerinin Zeytinyağı Küspesi Üzerindeki Etkisi 47
4.19 Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemiyle Farklı Organik Atıklardan Elde Edilen Biyokömürlerin Bakteriyel Gruplar Üzerindeki Etkisi 48
4.20 Piroliz Yöntemiyle Farklı Organik Atıklardan Elde Edilen Biyokömürlerin Bakteriyel Gruplar Üzerindeki Etkisi 49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİ 50
KAYNAKLAR 54
ÖZGEÇMİŞ..... 58

KISALTMALAR DİZİNİ

DGGE	Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (Denatüre Gradyan Gel Elektroforezi
DNA	Deoksiribonükleik Asit
HCl	Hidroklorik Asit
HTC	Hydrothermal Carbonization (Hidrotermal Karbonizasyon)
NMDS	Non-metrik Multidimentional Scaling (Parametrik Olmayan Çok Boyutlu Ölçeklendirme)
OTU	Operational Taxonomic Unit (Operasyonel Taksonimik Birim)
PCR	Polymerase Chain Reaction (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)
rRNA	Ribozomal RNA (Ribozomal Ribo Nükleik asit)
TRFLP	Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism (Terminal Kısıtlama Fragman Uzunluğu Polimorfizmi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Toprak Bakteri Komunite Analizi 18
Şekil 4.1 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının bitki kuru ağırlığına etkisi 24
Şekil 4.2 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının bitki azot alımına etkisi 26
Şekil 4.3 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının bitki fosfor içeriğine etkisi 28
Şekil 4.5 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak azot içeiğine etkisi 30
Şekil 4.6 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak fosfor içeriğine etkisi 32
Şekil 4.7 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak kireç kapsamına etkisi 34
Şekil 4.8 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak pH'sına üzerine etkisi 36
Şekil 4.9 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak organik maddesine etkisi ... 38
Şekil 4.10 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının şube düzeyinde ilk 20 toprak bakteriyel nispi bolluğu üzerindeki etkisi 39
Şekil 4.11 Farklı karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteriyel yapısı üzerine etkisi 40
Şekil 4.12 Farklı karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteriyel yapısı ve bazı bitki, toprak kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi 41
Şekil 4.13 Farklı dozda (1t/da) biyokömür uygulamalarının toprak bakteriyel gruplarının üzerine etkisi 42
Şekil 4.14 Farklı dozda (2t/da) biyokömür uygulamalarının toprak bakteriyel gruplarının üzerine etkisi 43
Şekil 4.15 Farklı dozda (4t/da) biyokömür uygulamalarının toprak bakteriyel gruplarının üzerine etkisi 44
Şekil 4.16 Farklı karbonizasyon yöntemi ile arıtma çamuru atığından elde edilen biyokömürlerin toprak bakteriyel gruplarının üzerine etkisi 45
Şekil 4.17 Farklı karbonizasyon yöntemi ile tavuk gübresi atığından elde edilen biyokömürlerin toprak bakteriyel gruplarının üzerine etkisi 46
Şekil 4.18 Farklı karbonizasyon yöntemi ile zeytinyağı küspesi atığından elde edilen biyokömürlerin toprak bakteriyel gruplarının üzerine etkisi 47
Şekil 4.19 Farklı organik atıklardan hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteri grupları üzerine etkisi 48
Şekil 4.20 Farklı organik atıklardan piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteri grupları üzerine etkisi 49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Denemede kullanılan biyokömürlerin bazı kimyasal özellikleri 16
Çizelge 4.1 Bitki kuru ağırlığının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu 23
Çizelge 4.2 Bitki azot alımının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu 25
Çizelge 4.3 Bitki fosfor alımının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu 27
Çizelge 4.4 Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri 29
Çizelge 4.5 Toprak azot sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu..... 29
Çizelge 4.6 Toprak fosfor sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu 31
Çizelge 4.7 Toprak kireç sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu 33
Çizelge 4.8 Toprak pH sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu 35
Çizelge 4.9 Toprak organik maddesinin ortalamalarına ait varyans analiz tablosu 37

1. GİRİŞ

Son zamanlarda araştırmacılar tarafından ilgi gören biyokömür, karbonca zengin materyallerin yaygın olarak çok düşük oksijen ya da oksijensiz koşullarda yüksek sıcaklıkta (300-700°C) yakılmasıyla piroliz ile elde edilen karbonca zengin bir materyaldir (Lehmann vd. 2006). Biyokömür ile ilgili olarak Ülkemizden dünya literatürüne yansımış olan mevcut çalışmalar Türkiye'deki tarımsal atıkların biyokömür olarak değerlendirilebileceğini (Karaosmanoğlu vd. Özçimen ve Karaosmanoğlu 2003, Demirbaş vd. 2005) farklı karbonizasyon yöntemlerinin biyokömür özelliklerini etkilediğini (Demirbaş 2004, Angın 2013) göstermiştir. Yakın zamanda gerçekleştirilen bazı araştırmalar et ve yumurta tavukçuluğu sektöründe yüksek rakamlarda açığa çıkan ve çevresel sorunlara neden olan tavuk gübresinden piroliz ile elde edilen biyokömürün doğrudan veya fosfor gibi inorganik gübrelerle zenginleştirildikten sonra bitki verimi ve beslenmesine (Gunes vd. 2015) ve ayrıca toprağın biyolojik ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini (Akça ve Namlı 2015) değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlar Türkiye koşullarındaki tavuk gübresi gibi organik atıklardan piroliz yolu ile elde edilen biyokömürün toprak uygulamalarının bitki gelişimi ve beslenmesi açısından faydalı olduğunu (İnal vd. 2015); düşük piroliz sıcaklıklarında elde edilen tavuk gübresi biyokömürünün tarımsal açıdan daha uygun olduğunu (Güneş vd. 2015) ve ayrıca toprak özelliklerini de geliştirdiğini (Akça ve Namlı 2015) göstermiştir.

Dünya literatüründe farklı özellikteki biyokömürlerin toprak düzenleyici fonksiyonları ile ilgili araştırma ve bilgi havuzu ile kıyaslandığında yukarıda ifade edilen Türkiye koşullarında üretilmiş bilimsel bulgu ve bilgi düzeyinin yeterli olmadığının altı çizilmelidir. Ağır bünyeli, hafif/orta/yüksek düzeyler arasında değişen tuzluluk-alkalilik sorunlarına sahip olan ve organik madde düzeyi genelde düşük seyreden topraklarımızda ülke sınırlarımız içinde açığa çıkan çeşitli biyokütlelerden elde edilen biyokömürlerin toprak koşullarını iyileştirici etkilerinin ortaya çıkarılabilmesi için yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Biyokömür eldesinde kullanılan biyokütle materyali ve başvurulan termokimyasal uygulama yöntemleri ve koşulları elde edilen biyokömürün fiziksel (yüzey alanı ve

porozite dağılımı ve çeşitliliği vs.) ve kimyasal (pH, hidroksil ve karboksil gibi oksijenli fonksiyonel grupların varlığı vs) özelliklerini belirlemekte ve bu faktörler biyokömürlerin topraktaki davranışlarını da etkilemektedir (Lehmann vd. 2011, Kambo ve Dutta 2015).

Gerek dünya gerekse Türkiye ölçeğinde toprak uygulamaları gerçekleştirilen biyokömürlerin üretiminde iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birisi geçmişte günümüzde en yaygın olarak kullanılan piroliz yöntemidir. Piroliz yöntemi ile biyokömür üretiminde ağırlıklı olarak üç çeşit piroliz yöntemi bulunmaktadır. Bunlar sıcaklık ve süreye göre farklılık gösterdiği hızlı, orta ve yavaş pirolizdir. Sırasıyla hızlı piroliz biyokütlenin hızla ısınmasıyla biyokütleden maksimum seviyede sıvı ürünler elde edilmektedir (Mohan vd. 2007). Hızlı piroliz yönteminde genel olarak 650°C altında sıcaklıklarda sistemin ısısındaki değişimler 100°C s^{-1} ile 1000°C s^{-1} gibi yüksek ısı oranında gerçekleştirilmektedir (Williams 2005). Orta piroliz yönteminde genellikle reaksiyon sıcaklığı 450°C ile 500°C arasında değişmektedir. Bu yöntem zayıf ve hızlı piroliz tekniklerine kıyasla zor bir teknoloji gerektirmektedir. Üçüncü piroliz yöntemi ise yavaş piroliz; Zayıf piroliz; oksijensiz koşullar altında biyokütlenin düşük ve orta sıcaklıkta (300-650 ^{o}C) ısınmasıyla biyokömür, biyoyakıt (sıvı) ve sentetik gaz elde edilmesi olayıdır (Sohi vd. 2009). Bu yöntem sonucunda elde edilen biyükömürlerin en büyük avantajı hammadde karbonunun %50 sine kadar biyokömürün içinde stabil halde muhafaza etmektedir (Joan, Manya 2012). Diğer yandan 1913 yılında Friedrich Bergius tarafından doğadaki kömürleşme prosesini tanımlamak için ortaya atılan Hidrotermal Karbonizasyon (HTC) olgusu da sıvı ve gaz yakıtların eldesinde önemli kimyasalların sentezlenmesi için gereken bir işlem olarak 19. y.yılın sonlarına doğru büyük ilgi görmüştür. Türkiye'de ise ilk ıslak HTC çalışması yakın zamanda Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü koşullarında gerçekleştirilmiştir (Aydıncak vd. 2012). Günümüzde HTC üzerindeki mevcut ilginin nedeni ise çevre ve endüstri alanlarında katma değer sağlayan ve hidrokömür (hydrochar) olarak ifade edilen katı maddenin üretimi ile ilgilidir (Kruse vd. 2013, Titirici vd. 2012, Avola vd. 2012). HTC teknolojisi ile elde edilen hidrokömürlerle ilgili olarak giderek artan bir diğer ilgi noktası hidrokömürlerin tarımsal topraklarda kullanımıdır. HTC işlemi, işlem performansındaki gelişmeler ve ekonomik verimlilik, özellikle ıslak organik atık kullanılabilme bu yüzden

ön kurutma gerekliliği olmadan işleme kabiliyeti açısından yavaş piroliz gibi geleneksel ön kurutma işlemler gerektiren yöntemlere göre birçok avantaj sunar. Bu nedenle geleneksel piroliz işlemi ile elde edilen biyokömürlere alternatif olarak HTC ile elde edilebilecek hidrokömürlerin tarım topraklarındaki kullanım potansiyelinin araştırılması gerekmektedir.

Gerek dünya gerekse Türkiye koşullarında biyokömürün tarımsal amaçlı kullanımına bakış tarım topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin biyokömür uygulamaları ile geliştirilmesi suretiyle bitkisel üretimde verim artışının sağlanması olarak ifade edilebilir. Fakat farklı biyokütlelerden ve farklı ısıl işlemlerden elde edilen biyokömürlerin toprak mikroorganizmaları üzerindeki etkileri ile ilgili bilgi düzeyi yeterli değildir. Yapılan araştırmalar biyokömür uygulaması ile toprak fiziksel ve kimyasal koşullarında meydana gelen iyileşmenin toprağın genel mikrobiyel biyokütlesi ve biyolojik aktivitesini olumlu etkilediği (Thies ve Rillig 2009); Fusarium ve benzeri toprak kökenli patojenlerin baskıladığı (Matsubara vd. 2002, Elmer and Pignatello, 2011, Nerome vd. 2005) şeklindedir. Toprağa ilave edilen biyokömürün toprakta yaşayan bakterileri olumlu etkilediği bilinmenin yanısıra bu olumlu etkileri de şöyle açıklayabiliriz. Topraktaki canlı organizmalar, toprak gelişimi ve toprak oluşumunda önemli bir rol oynar. Bunlar toprak organik maddesinin en önemli bileşenlerini oluşturmaktadır. Ayrışma ve toprak yapısının ve toprak agregatının gelişiminde ve oluşumunda da etkilidirler. Biyoçeşitliliği, toprak ve toprak bileşenlerine birçok fonksiyonel hizmet sunmaktadırlar. Bitkisel ve hayvansal materyallerin kalıntılarını çözmeye yardımcı olurlar, bunlar yüzey toprağında organik madde miktarını arttırmaktadır. Toprak organizmalarının hayati rolünü anlamak kuşkusuz gıda üretimini arttırmaya yardımcı olur ve yoksulluk, açlık ve yetersiz beslenmeyi azaltır. Yukarıda bahsedilen olumlu katkıların nedenleri (i) poröz bir strüktüre sahip olan biyokömürün yüksek por dağılımı ve por çeşitliliğinin toprak mikroorganizmaları açısından ilave bir "üreme-barınma" alanı oluşturması (Thies ve Rillig, 2009); aktif yüzey alanları sayesinde besin maddelerini tutabilen biyokömürlerin toprak mikroorganizmaları için ilave bir besin kaynağı sağlaması (Lehmann vd. 2011) ifade edilmiştir.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalara incelendiğinde, biyokömürlerin mikrobiyal popülasyon oluşumunu teşvik edici bir ortam oluşturdukları görülmektedir. Örneğin, Pietika¨inen vd. (2000), Baldock ve Smernik (2002), ve Hamer vd. (2004), biyokömürler toprağa ilave edildikten sonra mikrobiyal faaliyette artış olduğunu rapor edilmiştir.

Diğer yandan biyokömürün hangi mikroorganizma türlerini/topluluklarını nasıl etkilediği konusu hala keşfedilmeyi beklemektedir. Örneğin funguslara kıyasla daha küçük boyutlarda olması nedeniyle bakteri popülasyonları biyokömürün poröz yapısı içinde daha yüksek düzeyde kolonize olmaktadır (Pietikainen vd. 2000). Ayrıca biyokömür hem kendi yapısında bulunan hem de topraktan adsorbe edilen indirgenmiş karbon bileşikleri ve diğer besin maddeleri için bir rezervuar oluşturarak da çok sayıda farklı bakterinin çoğalmasına hizmet eder (Pietikainen vd. 2000, Samonin and Elikova 2004).

Geçmişten günümüze kadar mikroorganizmaların topraktaki rol ve aktivitelerinilerini belirlemek için çeşitliler yaklaşım ve ölçüm yöntemleri tercih edilmiştir. Örneğin mikroorganizma öbeklerinin ölçülebilmesi için izolasyon ve sayım teknikleri; biyokimyasal-fizyolojik mikroorganizma aktivitelerinin belirlenebilmesi için solunum ve enzim aktivitelerinin ölçümü ve nitrifikasyon-denitrifikasyon oranı belirlemeleri gibi yaklaşımlar verilebilir. İkibinli yıllara gelindiğinde ise gelişen biyokimya ve biyoloji ile ilgili bilimsel arenalarda ve teknolojide kaydedilen gelişmeler sayesinde toprak mikroorganizmalarının niceliksel değerlendirmelerinin yanısıra niteliksel olarak ölçülebilmeleri de (taksonomik ve fonksiyonel grupların belrlenmesi) gündeme gelmiştir. Bunlar birkaç örneğin bazı fonksiyonel mikroorganizma grupları (Gr+, Gr-, sülfat indirgeyen bakteriler, aktinobakteriler, saprofitik mantarlar, mikorizal mantarlar vs) tanesi hücre duvarı yağ asidi (phospholipid fatty acid-PLFA) profilinin ölçülmesi ile belirlenebilmektedir. Topraktaki yağ asitlerinin ölçümü (PLFA) ve topraktaki enzim aktivitelerinin belirlenmesi gibi birçok metot bulunmaktadır. Ancak teknolojinin ilerlemesi ile birlikte bu alan da yapılan çalışmalarda kullanılan metotlarda gelişim göstermiştir. Günümüzde ise topraktaki mikroorganizmaların çeşitliliği ve toprak olaylarındaki rollerini belirlemek için mikroorganizma DNA'sı kullanımına dayanan

moleküler yöntemlere başvurulmaktadır. Topraktan ekstrakte edilen DNA'nın uygun primerler ile PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) sisteminde çoğaltılarak elde edilen mikroorganizmal DNA'nın çeşitli moleküler biyolojik yöntemlerle (microarray, denaturing gradient gel electrophoresis-DGGE ve terminal restriction fragment length polymorphism, T-RFLP gibi) analiz edilmesi son 10-15 yıllık dönemde oldukça rağbet gören bir yaklaşım olmuştur. Ancak Bundan yaklaşık 10 yıl öncesine kadar genlerin analizi real-time PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) ve mikroarray gibi yöntemler ile kısıtlı kalmıştır. Tüm genlerin eş zamanlı analizi hem karmaşık bir olaydır ve hem de geniş kapsamlı teknolojiler gerektirmektedir. Son yıllarda geliştirilen ve günümüzde de kullanılan en önemli teknolojilerden biri olarak karşımıza çıkan Next Generation Sequencing (Yeni Nesil DNA dizileme) teknolojileri yüksek doğrulukta, ultra hızlı olarak dizileme yapabilme kapasitelerine sahiptir (Dönmez, D., vd. 2015). Yeni Nesil DNA Dizi Analizi, tek bir örnekten alınan milyonlarca parçaya ayrılmış bir DNA molekülünün her bir parçasının aynı anda ve uyum içerisinde paralel olarak işlenmesini temel alır. Günümüzde Yeni Nesil Dizileme teknolojileri; DNA, RNA, mikro-RNA, Piwi RNA gibi hücre içerisindeki moleküller hakkında düşük maliyetle, hızlı ve paralel olarak çok büyük miktarda veri elde edilmesini sağlamaktadır. Bu teknoloji ilk olarak tıpta başlamış hatta ilk insan genom projesinin tamamlanmasında kullanılmakla birlikte daha sonra tarımsal biyoteknoloji alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem kapsamında topraktaki mikroorganizmaların rolünü belirlemek için ilk aşama topraktan DNA'nın izole edilmesi gerekmektedir. Toprak DNA'sı terminolojik olarak bakıldığında çevresel DNA (Environmental DNA, eDNA) olarak ele alınmaktadır. Çevresel DNA; tek bir organizmadan doğrudan numune almak yerine toprak, deniz suyu, kar veya hatta hava gibi çeşitli çevresel örneklerden toplanan DNA'dır. Topraktan DNA izole edildikten sonra dizilemenin gerçekleştirilmesi için bir dizi işlem gerekmektedir. Bunlar; (i) enzimatik reaksiyon ile DNA'nın çoğalması, (ii) çoğaltılan DNA'nın saflaştırılması ve (iii) sekansa hazır hale getirilmesi gibi aşamaları takip etmektedir. Dizileme işleminden sonra elde edilen verilen işlemesi için bir takım yazılım programları kullanılmaktadır. Bunlar; **Qiime2**: marker gen amplikon dizilimi yoluyla örneklenen mikrobiyal toplulukları analiz etme görevi için belirlenen biyoinformatik bir boru hattıdır. Bu yazılım programı, dizilimi okur üzerinde kalite kontrolü yapar, marker gen nükleotidileri kümelemektedir, **R program**: bu yazılım

programında ise Qiime'dan elde eldilen biyolojik verileri daha verimli hala getirmek için bir takım analizler (NMDS gibi) yapılmaktadır, **LEfSe (Dogrusal ayrıcı analiz etki boyu)**: farklı canlılara ait DNA bilgisi (operasyonel taksonomik birimler,genler veya fonksiyonlar) üzerinden bir biyolojik materyalden elde edilen canlı sınıflar arasındaki ilgiyi gözeterek açıklamaya çalışır. LEfSe yöntemi, farklı gruplar arsındaki taksonomik farklılıkları ifade etmektedir. **NMDS** analizi ise parametrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme, bir veri setindeki bireysel vakaların benzerlik seviyesini görselleştirmenin bir yoludur. NMDS, "bir n nesnesi veya birey kümesi arasındaki çift uzaklık" hakkındaki bilgileri "eşleştirilen n noktalarının soyutlamak için yapılandırmasına dönüştürmekte kullanılmaktadır.

Bu bilgi ve saptamaların ışığında bu tez çalışmasında Türkiye koşullarında yüksek miktarlarda açığa çıkan organik atıkların farklı karbonizasyon uygulamaları ile elde edilen biyokömürlerin bitki yetiştirilen deneysel koşullarda toprak bakteri çeşitliliği ve bitki besin maddesi içeriği üzerine etkileri araştırılmıştır.

Biyokömürün elde edildiği organik materyal ve uygulanan karbonizasyon yöntemine göre toprak ve bitki verim özelliklerine hatta biyolojik aktivitelerini değiştirdiği bilinmektedir (Lehmann vd. 2011). Her ne kadar Türkiye koşullarında tarımsal topraklara biyokömür ilavesinin etkileri üzerine yayın ve devam eden araştırmalar olsa da biyokömür kullanımının toprak bakteriyel çeşitliliği üzerinde nasıl etkilerde bulunduğu ile ilgili bilgi henüz mevcut değildir. Başka bir ifade ile farklı biyokömürlerin topraktaki bakteri çeşitliliği ve fonksiyonlarını nasıl etkileyeceği konusu literatürde yeterince işlenmemiştir ve Türkiye koşullarında ise bildiğimiz kadarı ile bu konu daha önce araştırılmamıştır. Bu nedenle farklı organik atıklardan farklı karbonizasyon yöntemleri ile elde edilen biyokömürlerin değişik dozda uygulandığı topraklarda mısır bitkisi kullanılarak gerçekleştirilen 8 haftalık sera denemesi sonrasında hem bitki hem de toprak analizleri gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında özel öneme sahip olan konu "Yeni Nesil DNA Dizi Teknolojisi" ile farklı biyokömür uygulamaları altında toprak bakteriyel çeşitliliğinin nasıl değştiğinin ortaya konmasıdır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ioanna Manolikaki and Evan Diamadopoulos (2019), kimyasal gübreleme varlığında veya yokluğunda biyokömür ve kompost uygulamasıyla mısır verimi üzerinde pozitif, negatif veya nötr etkiler olduğunu bildirmiştir. Bu çalışma, iki gübrelemenin yanı sıra ikisinin karışımlarının, mısırın (*Zea mays L.*) büyümesi besin durumu üzerindeki etkisinin araştırılmasını sağlamıştır. Toprağa biyokömür (üzüm çekirdeğinden ve pirinç kabuğu) uygulamaları toprakta yer üstü ve yer altı katmanlarında fosfor (P) konsantrasyonunu önemli ölçüde arttırmıştır. Sonuç olarak, biyokömür ilavesi bitki büyümesini artırabilir, bununla birlikte toprak koşulları, biyokömür tipi ve ek gübrelemenin sürdürülebilir tarım için bir araç olarak kullanılması için özel dikkat gösterilmesi gerekmektedir.

(Edward Yeboaha vd. 2016), Tarımsal üretim için küçük ölçekli çiftçiler tarafından inorganik gübre kullanımının azaltılmasına yönelik entegre bir yaklaşımla olan biyokömür kullanılmıştır. 3 farklı organik maddeden (mısır koçanı, pirinç samanı ve kakao kabuğu) elde edilmiş biyokömür'ün etkisini belirlemek için üç tekerrürlü bölümlendirilmiş arazi denemesi tasarlanmıştır. Mısırın verimine ve toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisine araştırmak için 2 farklı biyokömür dozu (2.5 t/ha^{-1} ve 5 t/ha^{-1}) ve inorganik gübre olarak azot, fosfor, potasyum(N-P-K) 3 farklı dozda (90-60-60, 45-30-30, and 0-0-0) uygulanmıştır. Biyokömür uygulamasının miktarının mısır tahıl verimi üzerinde belirgin etkileri olduğu ve daha yüksek uygulama oranlarının üstün performans gösterdiği görülmüştür.

(Julie Major vd. 2010), Toprağa biyokömür uygulandığında, mahsul verimini arttırdığı gösterilmiştir, ancak bunun nedenlerinin çoğu zaman net bir şekilde ortaya konulmamıştır. Bu çalışmada, bir mısır-soya fasulyesi rotasyonu altında 4 yıl boyunca (2003–2006) bir Kolombiyalı savana Oxisol özellikli toprakta 4 farklı biyokömür doz (0, 8 ve 20 t/ha^{-1}) uygulamasının etkisini araştırılmıştır. Mısır tanecik verimi birinci yılda anlamlı bir artış göstermemiştir, ancak ilerleyen yıllarda sırasıyla 2004, 2005 ve 2006'da kontrol kıyasla 20 t/ha^{-1} arazilerindeki % 28, 30 ve 140 şeklinde artışlar gözlenmiştir.

(XiubinWang vd. 2015), Toprağa biyokömür ilavesi, mikrobiyal aktiviteyi etkilemesinin yanı sıra toprak kalitesini ve bitki verimliliğini arttırdığı bir strateji olarak önerilmiştir. Bununla birlikte, toprağa biyokömür ilave edildiğinde, toprak enzimlerinin ve mikrobiyal topluluk yapının tepkisini ve sonuçta ortaya çıkan davranışlarını belirleyen ana faktörler nadiren incelenmiştir. Bu nedenle, farklı oranlarda biyokömür (% 0, 0.5, 1.0, 2.5 ve 5.0) ve üre uygulamasının topraktaki besin maddeleri, enzimatik aktivitesinin ve mikrobiyal topluluk üzerindeki etkisini araştırmak için 90 günlük bir laboratuvar çalışması kurulmuştur. Artan mısır biyokömür ilavesi önemli ölçüde toprak organik karbonu (SOC), toplam N ve değişebilir K arttırmıştır ancak toprak değişebilir Ca oranı azaltmıştır. Toprak toplam N ve değişebilir Ca, toprak enzim aktivitelerini etkileyen baskın faktörlerdir. Toplam fosfolipid yağ asidi içeriği ve bakterilerin nispi bolluğu, artan biyokömür oranı ile önemli ölçüde azalmıştır. Toprakta SOC ve toplam N içeriğinin artması ile birlikte mikrobiyal topluluk bileşimindeki azalma meydana gelmiştir. Biyokömür ilavesinin toprak enzimleri ve mikrobiyal topluluk kompozisyonu üzerindeki etkisinin oldukça değişken olduğu sonucuna varılmıştır.

(Steinbeiss vd. 2009) son zamanlarda, glikoz ve mayadan elde edilen hidrotermal sentezli biyokömürlerin toprağa ilave edilmeleri sonucunda mikrobiyal koloni üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, iki farklı durum bulunmuştur: (i) maya türevli biyokömürün (kolay parçalanabilir) toprak mikroorganizmaları ve özellikle mantarlar üzerinde kuvvetli bir uyarıcı etkisi olduğu görülmüş, ancak, glikoz türevli biyokömürde aynı etki görülmemiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, her iki biyokömürün ilave edilmesi sayesinde ilk 12 hafta içerisinde toprak solunumunda artış gözlenmiştir.

Yaqi Sheng ve Lizhong Zhu (2017), Toprakta karbon tutulması ve küresel ısınmanın azaltılması için toprağa biyokömür uygulaması önerilmektedir. Farklı pH seviyelerinde (pH 5.19, pH 7.81) toprak mikrobiyal etkisini ve biyokömür CO_2 salınımını araştırmak için, 4 farklı biyokömür oranıyla (% 1.0, % 2.0, % 5.0) karşılaştırmalı inkübasyon çalışmaları yapılmıştır. Biyokömür, asidik ferralsolde, daha yüksek biyokömür degradasyonuna bağlı olarak daha yüksek CO_2 emisyonuna neden oluşmuştur. Bakterilerin çeşitliliği, özellikle de Bacteroidetes, Gemmatimonadetes gibi bakterilerin

zenginleştirilmesi ve Acidobacteria gibi oligotrofik bakterilerin azalma görülmüştür. Aromatik bileşikleri parçaladığı bilinen diğer bakteri türlerinin (Actinobacteria, Anaerolineae..vs) nispi bolluğu her iki toprakta da yükselmiştir. Toprak pH'sının, organik karbonun biyokömür eklenmesinden sonra kopiotrofik bakteri bolluğunu artırarak CO_2 emisyonunu etkileyen baskın faktör olduğu kabul edilmiştir. Bununla birlikte, biyokömür adsorpsiyonu yoluyla toprak organik karbonunun verimliliğinin azalması, oligotrofik bakteri bolluğunun artmasına neden olarak CO_2 emisyonunda düşüşlere neden olmuştur.

Guangming Han vd. (2017), 2, 6, 11 ve 14 yıl boyunca sürekli olarak yürüttükleri denemede değişik dozlarda biyokömür (0 t/ha^{-1}, 12.5 t/ ha^{-1}, ve 20 t/ ha^{-1}) ile muamele edilmiş pamuk tarımı yapılan topraklarda bulunan bakteri topluluğu yeni nesil DNA dizileme yöntemini kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda biyokömür uygulamasının, pamuklu tarımı yapılan topraklardaki mikrobiyal çeşitliliğini arttırdığı ve toprak bakteri topluluğu üzerinde pamuk tarımı arttıkça pozitif yönde önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit edilmiştir.

Joseph R. Jenkıns vd. (2017), biyokömür'ün toprağa geniş çapta uygulanması, karbon bakımından zengin ve atıl bir maddenin toprağa uzun süreli tutulması yoluyla CO_2 emisyonlarındaki artışı dengeleme mekanizması olarak önerilmiştir ancak bunun toprak çeşitliliği ve işlevi açısından etkileri henüz belirlenmemiştir. Biyokömür, toprak bakteri topluluklarında değişikliklere neden olabilir, ancak biyokömür uygulamasının kesin etkileri tam olarak anlaşılmamıştır. Toprağa biyokömür uygulamasıyla birlikte toprak çeşidi ve iklim şartlarına bağlı olarak bakteriyel topluluk yapısındaki önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Genel olarak, deneme sonucunda çeşitli faktörler toprak mikrobiyal aktivitesinin saf bir görüntüsünü vermekle birlikte biyokömür uygulamasının mikrobiyal topluluklar üzerinde önemli bir şekilde artışa sebep olmuştur.

Max Kolton vd. (2011), Toprağa biyokömür uygulanması, karbonun toprakta tutulması ve mahsul verimliliğini arttırmakla birlikte çevresel ve tarımsal potansiyele sahiptir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, toprakta uygulanan biyokömür'ün bitkilerin birkaç belirgin yaprak patojene karşı sistemik direncini arttırdığını göstermiştir. Bu çalışmada,

biyokömürün olgun tatlı biber (*Capsicum annuum L.*) bitkisinin kökle ilişkili bakteriyel topluluk kompozisyonu üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. 16S rRNA gen fragmanlarının moleküler baskı (DGGE ve TRFLP) 16S rRNA gen fragmanları, biyokömür uygulanmış ve kontrol bitkilerinin kökle ilişkili bakteri çeşitliliğinde net bir farklılaşma görülmemiştir. Biyokömür ile mualmele edilmiş uygulamarın, bitki büyümesi ve bakteri çeşitliliği üzerinde ekonomik açıdan kısmen sorumlu olabileceğini varsayılmaktadır.

Max Kolton vd. (2016), Biyokömür etkisi, biyokömür toprak kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirerek büyümeyi teşvik etiğini ve hastalığı bastırıp böylece bitki performansını artırdığı bilinmektedir. Her ne kadar bu fenomen çok sayıda çalışmada gözlemlenmiş olsa da, onu açıklayan etki şekli mevcut değildir. Biyokömür etkisinden sorumlu mekanizmaları aydınlatmak için domates bitkisinin gelişimini ve yaprak mantarı patojeni *Botrytis cinerea*'ya karşı dayanıklılığı, biyokömür uygulanmış ve uygulanmamış topraklarda doğal biyokömür ve yıkanmış biyokömür kullanarak kapsamlı bir şekilde izlenmiştir. Yüksek verimli 16S rRNA gen amplikon dizilimi ve biyokömür kullanım ile rizosferdeki bakteri topluluklarının art arda eşlik eden değerlendirmelerini yapılmıştır. Biyokömür'ün bitki fizyolojik parametreleri üzerinde çok az etkisi vardır. Bu çalışma, biyokömür etkisinin en azından kısmen artan biyoçeşitlilik ve rizosfer mikrobiyomundaki metabolik potansiyeldeki değişikliklerin, özellikle de biyokömür ve sıkı sıkıya bağlı bileşiklerin yeniden stabil karbon kaynağı tarafından tetiklenen metabolik aktivitelerden kaynaklandığını göstermektedir. Toprağa biyokömür ilavesi durumunda, mikrobiyal çeşitliliği arttıran ve toprakta ekosistem işleyişinde önemli yararları olduğu konusunda artan fikir birliğine karşılık gelmektedir.

F.A. Rutigliano vd. (2013), Biyokömür'ün toprak verimliliğini ve toprakta C depolamayı arttırdığı bilinmektedir. Bu çalışma, Toskana'da (İtalya) buğdayda farklı odun (meşe, kayın, fındık, huş ağacı) türevi biyokömür (30 ve 60 t ha^{-1}) ile topraktaki değişiklikler test edilmiştir. Toprak örnekleri, ardışık iki büyüme mevsimi üzerinde işlemlerden 3 ve 14 ay sonra toplanmıştır. Uygulama sonunda, pH değerindeki küçük ancak anlamlı bir artış haricinde, değerlendirilen parametreler için uygulamadan 14 ay sonra biyokömür etkisi saptanmamıştır. Yapılan bu denemede biyokömür ilavesinin

herhangi bir belirgin negatif etkiye neden olmadan toprağın mikrobiyal aktivitesini uyardığını gösteriyor, ancak bu olumlu etki çok kısa sürdüğü belirtilmiştir.

(Zafar Ullah vd. 2018), Farklı organik maddelerden (buğday samanı ve şeker kamışı) elde edilen biyokömürlerin mısır verimi ve besin konsantrasyonunu araştırmak için, 2013 yılında Koont araştırma çiftliği chakwal'da mısır mahsulü üzerinde bir arazi denemesi kurulmuştur. Uygulamalar, kontrol, buğday samanı biyokmmür'ü 5 t/ha^{-1} ve 10 t/ha^{-1}, şeker kamışı biyokömüründe 5 t/ha^{-1} ve 10 t/ha^{-1} şeklinde uygulanmıştır. Buğday samanı biyokömüründe 10 t/ha^{-1} da , % 16.1 N, % 38.8 P, % 33 K, % 28.9 biyokütle ve % 20.8 tahıl verimi artışı göstermiştir. Şeker kamışı biyokömüründe ise 10 t/ha^{-1} da % 14.9 N, % 27.7 P, % 30 K, % 27.6 biyokütle ve % 22.1 tane veriminde önemli bir artış göstermiştir.

(İnal vd. 2015) Kanatlı hayvan gübresinin tarımsal alanlarda doğrudan kullanımı çevresel kaygılara neden olabilir, bu nedenle toprak kimyasal özellikleri ve bitki büyümesi için kanatlı hayvan gübresinden elde edilen biyokömür uygulamasının uygunluğunu araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın amacı, işlenmiş kanatlı hayvan gübresi (0, 5, 10 ve 20 g / kg) ve biyokömür (0, 2.5, 5, 10 ve 20 g / kg) kireçli topraklarda kimyasal özellikleri üzerindeki fasulye (Phaseolus vulgaris) ve mısır (Zea mays) bitkilerinin büyümesine etkilerini değerlendirmektir. İnkübasyon denemesinde, hem işlenmiş kanatlı hayvan gübresi hem de biyokömür toprak pH'nı ve toprakta bitkinin alabileceği Fe konsantrasyonunu düşürdü, ancak bitkide mevcut P, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarını arttırdı. İşlenmiş kanatlı hayvan gübresi ve biyokömür topraktaki değiştirilebilir katyonların (K, Ca ve Mg) konsantrasyonlarını arttırdı. İşlenmiş kanatlı hayvan gübresi ve biyokömür uygulamaları mısır ve fasulye bitkilerinin büyümesini arttırdı. İşlenmiş kanatlı hayvan gübresi ve biyokömür, fasulye bitkilerinde N, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarında artışa neden olmuştur.

(Özkan vd. 2016) Bu çalışmada, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve çinkonun (Zn) kontamine topraktan uzaklaştırılması ve piroliz katı ürüne gönüştürülmesidir. Bunu gerçekleştirmek amacıyla, Pb, Cd ve Zn ile kirlenmiş toprakların farklı bitkilerde (güneşte, mısır ve kolza) kirletici etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ile veya olmadan

gerçekleştirildi. Fitoremediasyon sonuçlarına göre, kirleticiler Pb, Cd ve Zn için sırasıyla% 72, % 76 ve % 77 oranında bertaraf edilmiştir. Ayrıca, EDTA ilavesinin, metallerin köklerden saplara translokasyonu üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Piroliz sonuçlarına göre, kontamine olmuş bitkilerdeki Pb, Cd ve Zn kül / kömür fraksiyonunda stabilize edildi. Ek olarak, elde edilen ürün güvenli bir şekilde inert atık olarak toplanabilir, çünkü toksisite sızma değeri Türk Atıkları Arazi Yönetmeliği'nde verilen sınır değerlerden düşük bulunmuştur.

Topraklara biyokömür uygulanması toprak fonksiyonlarını geliştirirken karbonu (C) toprakta tutulmasının bir aracı olarak kabul edilmektedir. Piroliz yöntemi ile tavuk gübresinden (PL) 'den elde edilen biyokömürün toprak enzim aktiviteleri, organik madde içeriği ve domates, biber ve marul bitkilerinin büyümesi üzerindeki etkilerini belirlemek için bir sera denemesi yapılmıştır. Denemede, 15.15.15 karma gübrenin 0, 200, 400 ve 600kg / da dozlarında biyokömür ile kombinasyonunu killi toprakta uygulanmıştır. Sadece kontrol ve kimyasal gübre ile karşılaştırıldığında, biyokömür uygulamsından sonra toprak organik maddesi önemli ölçüde artmıştır. Biyokömür uygulamaları ile topraklarda β-glukozidaz, alkalin fosfataz, üreaz ve arilsülfataz enzim aktiviteleri önemli ölçüde artmıştır ($P < 0.05$). Bitki taze ve kuru ağırlığı domates, biber ve marul bitkileri 4kg / ha biyokömür uygulamasında diğer uygulamalara göre daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, biyokömürün tarım topraklarında kullanımı, toprak özelliklerini arttırmanın yanı sıra, toprak organik madde içeriğini artırarak bitki verimini ve enzim aktivitelerini arttırdığını tespit edilmiştir.

(Güneş vd. 2014) Piroliz ürünlerinin gübre olarak kullanılması, toprak verimliliği, mahsul verimi ve toprakta karbon tutumu üzerinde olumlu etkiler sağlar. Ancak, bu etkiler toprak özelliklerine, bitki türlerine ve biyokömürün türetildiği hammaddeye bağlıdır ve böyükömürün bazı olumsuz etkilerinon olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, kanatlı gübresinden elde edilen biyokömürün büyüme üzerindeki etkinliğini ve marulun P, N, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarını (Lactuca sativa L.) değerlendirmektir. Bu çalışmadaki uygulamalar: kontrol, 20 g / kg kanatlı hayvan gübresi (PM), 20 g / kg fosfor bakımından zenginleştirilmiş kanatlı hayvan gübresi (PM + P), 10 g / kg biyokömür (B), 10 g / kg biyokömür + P (B + P). Biyokömür ve PM

uygulaması, marul büyümesini önemli ölçüde arttırmıştır ve P ile zenginleştirilmiş PM ve biyokömür formları daha yüksek bir büyüme sağlamıştır. PM, N konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir, ancak biyokömür ve P ile zenginleştirilmiş PM ve biyokömür tedavileri, N konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırmıştır. Marulun fosfor konsantrasyonu PM ve biyokömür işlemleriyle belirgin şekilde artmıştır. Bitki K konsantrasyonları da PM ve biyokömür ve P ile zenginleştirilmiş formları ile arttırılmıştır. Yaprak Ca ve Mg konsantrasyonları biyokömür ve B + P tedavilerinde PM ve PM + P işlemlerine göre daha düşüktü. Kontrol ve PM işlemlerine kıyasla, biyokömür uygulamaları marul bitkilerinin Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonlarını azaltmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, biyokömürün alkali toprağa uygulanmasının, mahsulün büyümesi ve N, P ve K beslenmesi için faydalı olduğunu, ancak marulun Fe, Cu, Zn ve Mn beslenmesini kesinlikle azalttığını göstermiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırmada kullanılan toprağın alındığı yer

Araştırmada kullanılan toprak örneği Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü deneme arazisinden alınmıştır.

3.1.2 Toprak örneğinin alınması ve saksı denemesine hazırlanması

Araştırmada kullanılan toprak örneği 0-10 cm derinlikten alınıp, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında hava kuru duruma gelinceye kadar kurutulmuştur. İyice karıştırılan toprak örnekleri 4 mm'lik elekten elenmiş ve saksı denemesi için yeterli olan toprak miktarı ayırılmıştır.

3.1.3 Tohum

Bitki materyali olarak At dişi mısır (*Zea mays*) çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşit Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümünden temin edilmiştir.

3.1.4 Kimyasal gübre

Denemede kullanılan kimyasal gübreler şu şekildedir. Bütün saksılara mısır için önerilen temel gübreleme (üre şeklinde 100 µg N/g, KH_2PO_4 şeklinde 80 µg P/g ve 100 µg K/g) çözelti şeklinde verilip toprakla iyice karıştırılmıştır. Ayrıca biyokömür içermeyen gübresiz ve gübreli kontrol saksıları hazırlanmıştır.

3.1.5 Organik atıkların temini

Tez çalışmasında üç farklı organik materyal kullanılmıştır. Kentsel arıtma çamuru (AÇ) Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisinden; tavuk gübresi (TG) A.Ü. Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği Tavukçuluk Biriminden ve zeytinyağı küspesi (ZK) Aydın Merkez Zeytinyağı ve Zeytincilik İşletmelerinden temin edilmiştir.

3.1.6 Biyokömür eldesi

Adı geçen organik atıklar (AÇ, TG ve ZK) A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Toprak Serası koşullarında kurutulmuş, 2mm'den elenmiş ve iki farklı karbonizasyon işlemine tabi tutulmuştur.

3.1.6.1 Piroliz yöntemi

Birinci karbonizasyon işlemi piroliz olup, 300^0 C sıcaklıkta 180 dk süreyle oksijen kısıtlı kül fırını (Şimşek Laborteknik kül fırını, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü) koşullarında yakılan atıklardan "pirolitik biyokömürler" elde edilmiştir.

3.1.6.2 Hidrotermal karbonizasyon (HTC) yöntemi

İkinci karbonizasyon işlemi ise hidrotermal karbonizasyon (HTC) olup 220^0 C sıcaklık ve 0.5 mb basınç altında 120 dk süreyle, organik atık/su oranı 1/5 olan otaklav (Parr Model 4857 Reactor Process Controller, A.Ü. Fen Fakültesi Kimya Bölümü Yenilenebilir Enerji ve Malzeme Laboratuvarı) koşullarında muamele edilen atıklardan "hidrotermal biyokömür" elde edilmiştir.

Her iki yöntemle elde edilen materyal biyokömür olmakla birlikte ilgili literatürde piroliz ile elde edilen biyokömür ingilizce "pyrochar"; HTC ile elde edilen biyokömür ise "hydrochar" olarak ifade edilmek suretiyle birbirinden ayrılmıştır. Ancak bu terimler

henüz Türkçeleşmediği için tezde kullanılmamış ve terminolojik bir karışıklığa meydan vermemek için elde edilen biyokömür türevleri "pirolitik" ve "hidrotermal" sıfatları ile birlikte kullanılmıştır. Seçilen organik atıklar için önerilen kısaltmalarla uyumlu olarak pirolitik biyokömürler $P_{AÇ}$, P_{TG}, ve P_{ZK} olarak; hidrotermal biyokömürler ise $H_{AÇ}$, H_{TG}, ve H_{ZK} olarak kısaltılmıştır. Çalışmada kullanılan biyokömürlerin bazı kimyasal özellikleri pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, toplam azot, fosfor (N, P), C:N oranı, çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Denemede kullanılan biyokömürlerin bazı kimyasal özellikleri

	pH	**EC**	**TN(%)**	**P(g/kg^{-1})**	**OM (%)**	**C:N oranı**
$P_{AÇ}$	7,13	0,40	4,00	0,90	35,84	5,25
P_{TG}	9.07	3,13	1,06	1,41	21,12	11,98
P_{ZK}	9,55	1,55	1,98	0,14	89,34	26,19
$H_{AÇ}$	7,56	0,56	1,99	1,09	38,09	11,11
H_{TG}	7,81	1,13	1,31	1,83	37,05	16,40
H_{ZK}	5,29	0,29	1,91	0,04	97,21	29,58

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü,

3.2 Yöntem

3.2.1 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinde uygulanan yöntemler

3.2.1.1 Tekstür (Bünye)

Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde Hidrometre yöntemine göre belirlenmiş, tekstür sınıfları ise Soil Survey Manual (1951)'e göre saptanmıştır.

3.2.1.2 Toprak reaksiyonu (pH)

1:2.5 toprak su karışımından cam elektrotlu pH- metre ile belirlenmiştir (Jackson 1967).

3.2.1.3 Elektriksel iletkenlik (EC)

1:2.5 toprak su karışımından EC-metre ile belirlenmiştir (Jackson 1967).

3.2.1.4 Organik madde

Jackson (1958) tarafından bildirildiği şekilde değiştirilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

3.2.1.5 Kireç ($CaCO_3$)

Kacar (1995) tarafından açıklandığı şekilde Scheibler kalsimetresiyle belirlenmiştir.

3.2.1.6 Toplam azot (N)

Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

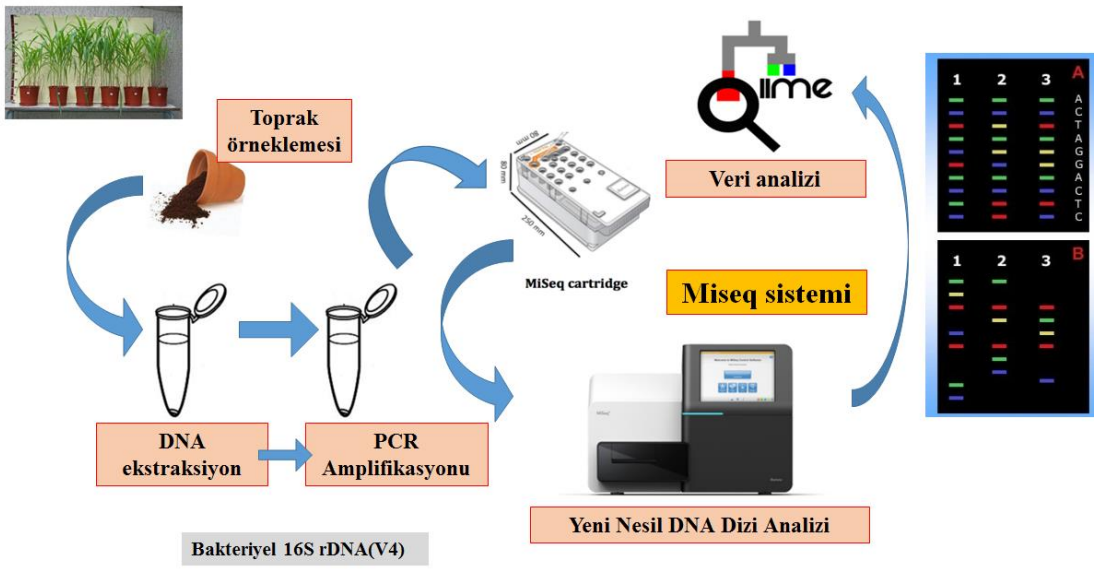
3.2.1.7 Toprağın yarayışlı fosfor (P) düzeyi

Olsen ve Sommers (1982) tarafından bildirildiği gibi belirlenmiştir.

3.2.2 Bakteriyel topluluk yapısı analizi

Topraktan DNA ekstraksiyonu "Gene MATRIX Soil DNA Purification kit (EURx E3570-02)" DNA ekstraksiyonu kiti kullanılarak kit ile birlikte sağlanan

prosedür takip edilerek saksı denemesinin sonunda mısır rizosferinden alınan 0.50 gr toprak örneklerinden gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 Toprak Bakteri Komünite Analizi

Yeni Nesil DNA Dizi Analizi ile Bakteriyel Komünite Analizi izole edilen DNA örnekleri redestile su ile 10 kat seyreltilerek bir sonraki aşamada PCR analizinde template olarak kullanılmıştır. 16S rDNA geninin değişken V3-V4 bölgesi 314F/805R bakteriyel primerleri kullanılarak çoğaltılmıştır. PCR amplifikasyonu 25-µL KOD FX Neo (TOYOBO, Osaka, Japan) enzimi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PCR döngü koşulları 94°C'de 3 dk ile başlayıp ve ardından sırayla 94°C, 55°C ve 72°C'de 90 sn ardışık 30 döngü ile devam edip ve final uzatma (elongasyon) aşaması için 72°C'de 10dk süre ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen PCR ürünleri Agencourt AMPure XP PCR Purification kit (Beckman Coulter Genomics, Lane Cove, NSW, Australia) kullanılıp saflaştırılmış ve PCR barkod indekslemesi Nextera primer seti (Illumina Inc., CA, USA) ile yapılmıştır. Saflaştırılmış amplikonlar Illumina MiSeq platoformunda (Illumina) MiSeq reagent kit v3 kullanılarak 2 × 300 bp okuma uzunluğunda single-end okumaları ile dizilenmiştir.

3.2.3 Bitki Analizleri

3.2.3.1 Bitkide toplam fosfor (P) içeriği

Bitki örneklerinin kuru yakma yöntemine göre yakılması ile elde edilen çözeltideki toplam P vanadomolibdo-fosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometrik olarak Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirildiği gibi belirlenmiştir.

3.2.3.2 Bitkide toplam azot (N) içeriği

Kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinde Bremner (1965)'e göre Kjeldahl yöntemi ile bitki azot içeriği belirlenmiştir.

3.2.3.3 Bitki kuru ağırlık içeriği

Bitkiler 8 haftalık bir gelişme sonunda toprak üstü aksamlarından kesilerek hasat edilecek ve çeşme suyu, seyreltik asit (0.2 N HCl) ve saf su ile yıkandıktan sonra yaş ağırlıkları alınıp daha sona 65±1 ^{0}C'de en az 48 saat kurutma dolabında kurutulup kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.4 Biyokömür analizleri

3.2.4.1 Biyokömür pH analizi

IBI (2014); Rajkovich vd. (2011)' göre pH 1:20 oranında biyokömür, saf su karışımında (w:v), ve 90 dk çalkalandıktan sonra ekstrakte edilip, pH metre (Thermo Scientific, an Orion Star A211) ile pH ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.4.2 Biyokömür elektriksel iletkenlik (EC) analizi

IBI (2014); Rajkovich vd. (2011)' göre EC 1:20 oranında biyokömür, saf su karışımında (w:v), ve 90 dk çalkalandıktan sonra ekstrakte edilip, EC metre (Consort, multi-parameter analyser, C3010) ile EC ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.4.3 Biyokömür organik madde analizi

Nelson ve Sommers (1996); IBI (2014)' göre ağırlık kaybı esasına ile belirlenmiştir.

3.2.4.4 Biyokömür toplam azot (N) analizi

Bremner (1965a); Hesse (1971)' göre, örneklerden 0.25 g tartılarak, salisik-sülfürik asit karışımıyla yaş yakılan örnekler damıtma setinde (Johan Kjeldahl method, Gerhardt Analytical Systems) damıtılmış borik asit-indikatör karışımına alınan örnekler H_2SO_4 ile titre edilmiştir.

3.2.4.5 Biyokömür alınabilir fosfor (P) analizi

Johnson ve Ulrich (1959); Kacar ve İnal (2010); IBI (2014); Barton (1948); Kitson ve Mellon (1944); Kacar ve İnal (2010); Jackson (1962); Hanlon ve Devore (1989); Mathis (1956)' göre sap çelik biçaklı değirmende öğütülmüş veya porselen havanda ezilerek 0.25 mm'lik pirinç elekten geçirilmiş, nitrik-perklorik asit karışımı (4:1) ortamında rodajlı balonlarda soğutmalı sistemli sıcak levha (Gerhardt Thermo HT) ile yaş yakılan bitki örnekleri süzülerek derecesine tamamlanmış ve doğrudan Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES optima 7000 DV) veya fleymfotometri (BWB thecnologies, Flame Photometers) (USEPA 1996, Kalra 1998) ile belirlenmiştir.

3.3 Sera Denemesinin Kurulması

Bu tez çalışmasında Türkiye koşullarında yüksek miktarlarda açığa çıkan organik atıkların farklı karbonizasyon uygulamaları ile elde edilecek biyokömürlerin bitki yetiştirilen deneysel koşullarda toprak bakteri çeşitliliği ve bitki besin maddesi içeriğine olan etkileri araştırılmıştır. Deneme 04/05/2017 tarihinde Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında, 'Tesadüf Parselleri' deneme desenine göre 3 faktörlü ve 3 tekerrürlü olacak şekilde 1.5 kg toprak alan polietilen kaplı plastik saksılara kurulmuştur. Denemede tohumlar ekilmeden önce 1, 2 ve 4 ton/da uygulama oranlarına tekabül edecek şekilde 6, 12 ve 24 gr/saksı biyokömürler toprak ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Her saksıya 5 adet mısır tohumu ekilmiştir, bitkiler çimlendikten sonra her saksıda 3 tane bitki kalacak şekilde seyreltilme yapılmıştır. Temel gübreleme amacıyla tüm saksılara üre şeklinde 100 µg N/g, KH_2PO_4 şeklinde 80 µg P/g ve 100 µg K/g çözelti şeklinde verilip toprakla iyice karıştırılıp uygulanmıştır. Deneme süresince bitkiler musluk suyuyla sulanmış ve periyodik olarak yerleri değiştirilmiştir. 04/07/2017 tarihinde bitkiler paslanmaz bir makas yardımıyla toprak yüzeyinden olacak şekilde hasat yapılmıştır.

3.4 Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

3.4.1 DNA veri analizi

Ilumina DNA dizilemesi ile elde edilen DNA dizileri QIIME2 ver. 2018.8 kullanılarak işlenmiştir. Dizi okumaları her örnek için rasgele seçilen yirmibin örnek okuma üzerinden gerçekleştirilmiştir. İşlenen DNA dizi verileri internet üzerinden genel kullanıma açık operasyonel taksonimik birim (OTU) algoritması (%97 benzerlik düzeyinde) ile birlikte Greengenes 16S rRNA gene veri bankası (Ağustos 2013) kullanılarak OTU kümelerine dönüştürülmüştür. Farklı örneklere ait bakteri komünitelerini kıyaslamak için parametrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme (NMDS) Lozupone and Knight, (2005) tarafından bildirildiği gibi uygulanmıştır.

3.4.2 Bitki ve diğer toprak verilerinin istatistiksel analizleri

Farklı biyokömür ve hidrokömür uygulamalarının değişen dozlar altında genel toprak ve bitki parametreleri üzerine etkileri tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile irdelenmiş, farklı uygulamaların saptanmasında ANOVA kullanılmıştır. Rutin toprak parametreleri ile özel parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler pearson korelasyon analizi (Minitab 17 statistical software) ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bitki Kuru Ağırlığı

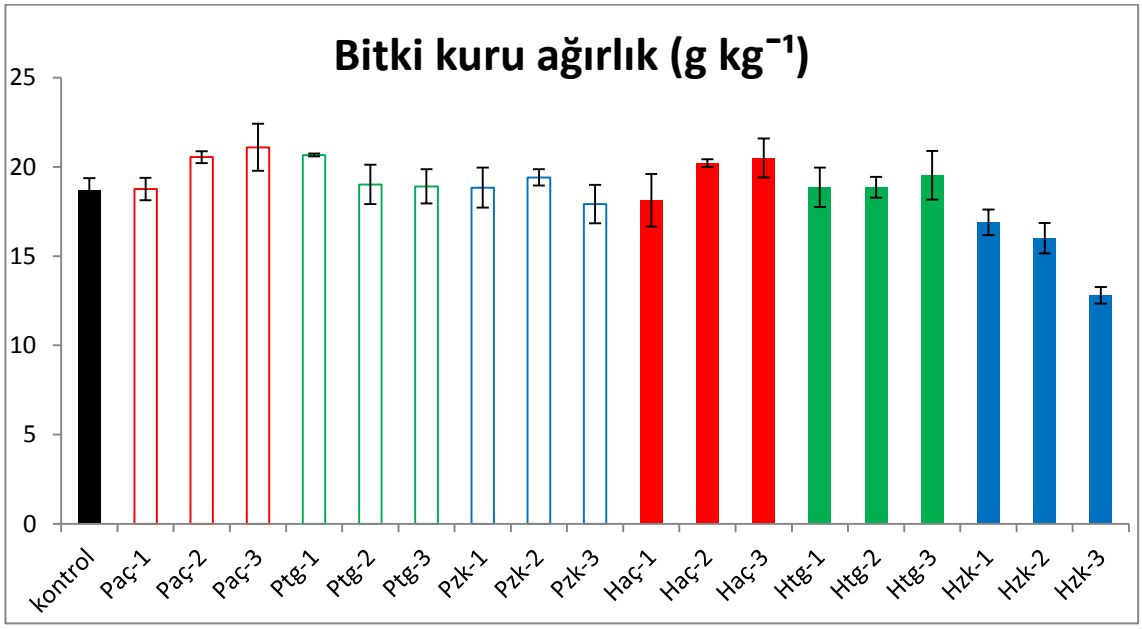
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin bitki kuru ağırlığına ait ortalamalarının varyans analizi tablosu çizelge 4.1 verilmiştir.

Çizelge 4.1 Bitki kuru ağırlığının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu

Bitki Kuru Ağırlığı				
Biyokömür Tipi	Biyokömür Dozları			
	0t/da	**1t/da**	**2t/da**	**4t/da**
$P_{AÇ}$	18.68±0.4Ab	18.76±0.4Bb	21±0.2Aa	21.1±0.8Aa
P_{TG}	18.68±0.4Ab	21±0.05Aa	19±0.6Bb	19±0.5Cb
P_{ZK}	18.68±0.4Aa	18.8±0.7Ba	19.4±0.3Ba	17.9±0.6Ca
$H_{AÇ}$	18.68±0.4Ab	18.1±0.9BCb	20.2±0.1ABa	20.5±0.6ABa
H_{TG}	18.68±0.4Aa	18.9±0.6Ba	18.9±0.3Ba	19.5±0.8Ba
H_{ZK}	18.68±0.4Aa	16.9±0.4Cb	16±0.5Cb	12.8±0.3Dc
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu	28.10*** 1.22öd 7.89***		

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; p<0.001***, p<0.01**, p<0.05*, p>0.05öd

Bitki kuru ağırlığındaki değişimler açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu % 0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna göre farklı uygulama dozlarında biyokömür tipi etkisi bitki kuru ağırlığında farklılık göstermiştir. Örneğin **P_{TG}** biyokömürü diğer biyokömürlere kıyasla bitki büyümesini arttırmıştır ve her biyokömür tipinde artan dozun etkisi **$H_{AÇ}$** artarken **H_{ZK}** azalma şeklindedir.



Şekil 4.1 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının bitki kuru ağırlığına etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, Bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Bitki kuru ağırlığında 12.8 - 21.1 gr arasında değişmekte olup en düşük değer hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü 3. doz da, en yüksek değer ise pirolitik arıtma çamuru biyokömürü 3. doz uygulamasında görülmüştür.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler bitki kuru ağırlığı üzerinde farklı etkiye neden olmuştur. Örneğin arıtma çamurunun piroliz ve hidrotermal karbonizasyon yöntemleri ile elde edilen biyokömür uygulamasında artan dozla birlikte bitki kuru ağırlığında artış gözlenirken zeytinyağı küspesinin hidrotermal karbonizasyonla elde edilen biyokömür uygulamasında artan dozla birlikte bitki kuru ağırlığında azalma gözlenmiştir.

4.2 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bitki Azot İçeriği

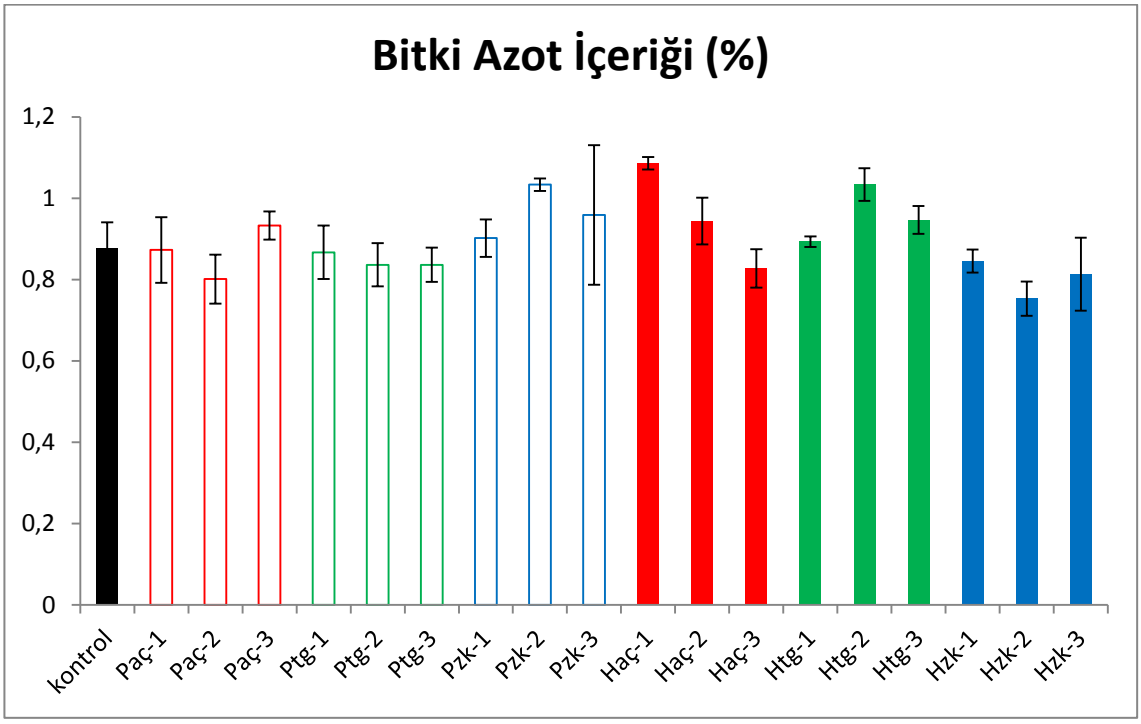
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin bitki azot konsantrasyonuna ait ortalamalarının varyans analizi çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Bitki azot alımının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu

Bitki Azot Alımı				
Biyokömür Tipi	**Biyokömür Dozları**			
	0t/da	**1t/da**	**2t/da**	**4t/da**
$P_{AÇ}$	0.88±0.04Aab	0.87±0.05Bab	0.8±0.04Cb	0.94±0.02ABa
P_{TG}	0.88±0.04Ab	0.87±0.04Ba	0.84±0.03BCa	0.84±0.02BCa
P_{ZK}	0.88±0.04Aa	0.9±0.03Bb	1.03±0.008Aa	0.96±0.1Aab
$H_{AÇ}$	0.88±0.04Ab	1.09±0.009Aa	0.94±0.03ABb	0.83±0.02Cc
H_{TG}	0.88±0.04Aa	0.89±0.008Bb	1.03±0.02Aa	0.95±0.02Aab
H_{ZK}	0.88±0.04Aa	0.85±0.02Bab	0.75±0.02Cb	0.81±0.05Cab
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu	7.86*** 1.04öd 4.07***		

$P_{AÇ}$: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; $p<0.001$***, $p<0.01$**, $p<0.05$*, $p>0.05$öd

Bitki azot alımındaki değişimler açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu istatistiksel anlamda % 0.1 oranında önemli bulunmuştur. Buna göre farklı uygulama dozlarında biyokömür tipi etkisi bitki azot alımında farklılık göstermiştir. Örneğin **P_{ZK} ve H_{TG}** biyokömürlerinin 2. dozunda bitki azot alımı artarken, **$H_{AÇ}$** biyokömürünün artan dozu ile birlikte bitki azot alımında azalma görülmüştür.



Şekil 4.2 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının bitki azot alımına etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, $H_{AÇ}$: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, Bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Bitki toplam azot kapsamında % 0.75- 1.09 arasında değişmiş olup en düşük değer hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürünün 2. dozunda, en yüsek değer ise Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürünün 1. dozunda görülmüştür.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler bitki azot alımı üzerinde farklı etkiye neden olmuştur. Örneğin zeytinyağı küspesinin piroliz yöntemi ve tavuk gübresinin hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömür uygulamasında 2. dozda bitki azot alımında artış gözlenirken arıtma çamurunun hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömüründe artan dozu ile birlikte bitki azot alımında azalma görülmüştür.

4.3 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bitki Fosfor İçeriği

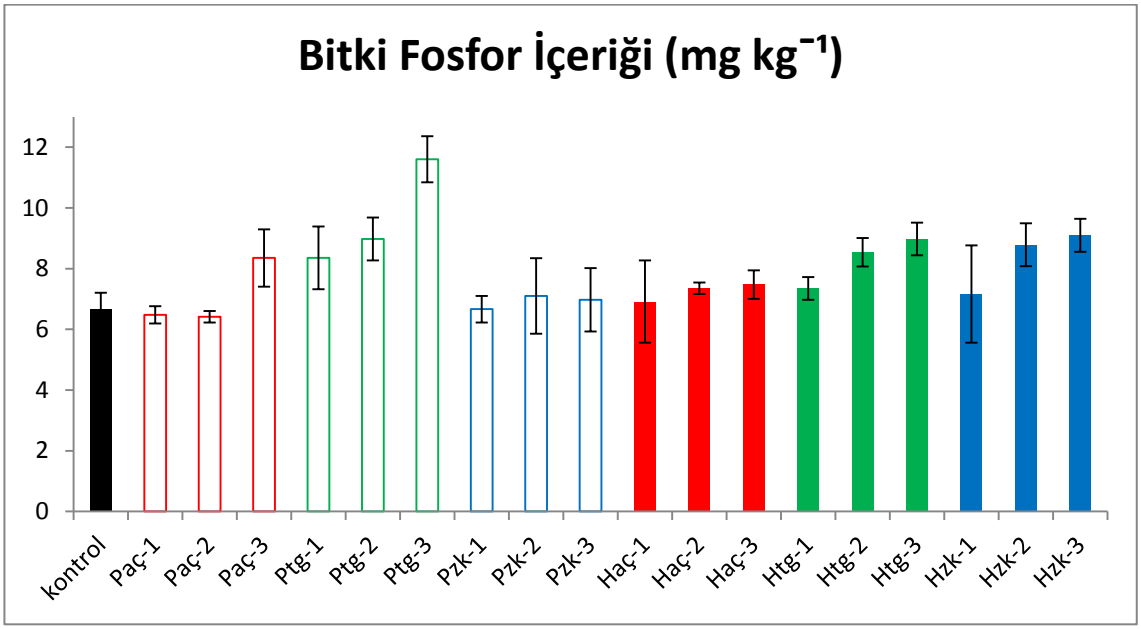
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisi fosfor içeriği üzerine artan düzeylerde uygulanan biyokömürlerin bitki fosfor alımına ait ortalamalarının varyans analizi çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Bitki fosfor alımının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu

Bitki Fosfor Alımı				
Biyokömür Tipi	**Biyokömür Dozları**			
	0t/da	**1t/da**	**2t/da**	**4t/da**
$P_{AÇ}$	6.7±0.3Ab	6.5±0.2Bb	6.4±0.1Cb	8.4±0.6BCa
P_{TG}	6.7±0.3Ac	8.4±0.6Ab	9±0.4Ab	11.6±0.4Aa
P_{ZK}	6.7±0.3Aa	6.7±0.3Ba	7.1±0.7Ca	7±0.6Da
$H_{AÇ}$	6.7±0.3Aa	6.9±0.8Ba	7.4±0.1BCa	7.5±0.3CDa
H_{TG}	6.7±0.3Ac	7.4±0.2ABbc	8.5±0.3ABab	9±0.3Ba
H_{ZK}	6.7±0.3Ab	7.2±0.9ABb	8.8±0.4Aa	9.1±0.3Ba
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu		12.76*** 25.55*** 3***	

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; p<0.001***, p<0.01**, p<0.05*, p>0.05öd

Bitki fosfor alımındaki değişimler açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu istatistiksel anlamda % 0.1 oranında önemli bulunmuştur. Buna göre farklı uygulama dozlarında biyokömür tipi etkisi bitki fosfor alımında farklılık göstermiştir. Örneğin **$P_{AÇ}$ ve P_{TG}** biyokömürlerinin artan dozu ile birlikte bitki fosfor alımının arttığı görülmektedir. Hidrotermal karbonizasyon uygulamasında ise **H_{TG}** ve **H_{ZK}** biyokömürlerinde doz artışı ile birlikte bitki fosfor alımı artmıştır.



Şekil 4.3 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının bitki fosfor içeriğine etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Bitki alınabilir fosfor(P) kapsamı 6.4-11.6 mg.kg arasında değişmekte olup en düşük değer pirolitik arıtma çamuru biyokömürünün 2. dozunda, en yüksek değer ise pirolitik tavuk gübresi biyokömürünün 3. dozunda görülmüştür.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler bitki fosfor içeriği üzerinde farklı etkiye neden olmuştur. Örneğin tavuk gübresinin hem hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile hemde piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömür uygulamasında doz artışı ile birlikte bitki fosfor alımında artış gözlenmiştir.

4.4 Toprak Örneğinde Yapılan Temel Kimyasal ve Fiziksel Analiz Sonuçları

Toprak örneğinde yapılan temel kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde deneme toprağının bünyesi milli tın, organik madde düzeyi az, hafif alkali, kireç kapsamı orta, azot miktarı düşükken, fosfor yeterli olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Özelliği	Birim	Miktar
Tekstür Sınıfı	% Kil % Silt % Kum	12,7 63,5 23,8
pH	1:2.5 (toprak/su)	8,3
Elektriksel İletkenlik (EC)	dS m^{-1}	1,25
Kireç (CaCO3)	%	6,7
Organik Madde	%	2,3
Toplam Azot(N)	%	1,2
Yarayışlı Fosfor(P)	mg kg^{-1}	16

Çizelge 4.4 İncelendiğinde deneme toprağının bünyesi milli tın, organik madde düzeyi az, hafif alkali, kireç kapsamı orta, azot miktarı düşükken, fosfor yeterli olarak belirlenmiştir (Yayın No: 994, Gıda, Tarım ve Hayvancılık No: 009, ISBN: 978-605-133-895-8).

4.5 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Azot Sonuçları

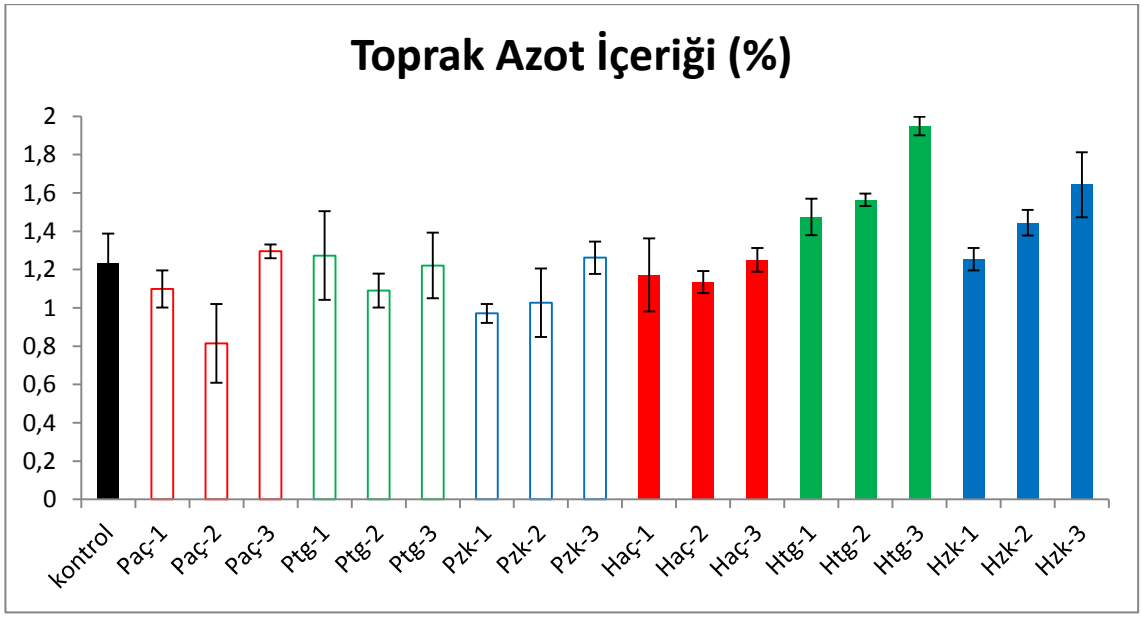
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin toprak azot içeriğine ait ortalamalarının varyans analizi çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Toprak azot sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu

Toprak Azot İçeriği				
Biyokömür Tipi	**Biyokömür Dozları**			
	0 kg/da	**1000 kg/da**	**2000 kg/da**	**4000 kg/da**
$P_{AÇ}$	1.23±0.09Aa	1.1±0.06BCa	1.2±0.02Ba	1.3±0.08Ca
P_{TG}	1.23±0.09Aa	1.3±0.3ABa	1.1±0.06Ba	1.22±0.04Ca
P_{ZK}	1.23±0.09Aab	1±0.04Cb	1±0.02Bb	1.3±0.08Ca
$H_{AÇ}$	1.23±0.09Aa	1.2±0.1BCa	1.14±0.03Ba	1.25±0.04Ca
H_{TG}	1.23±0.09Ac	1.5±0.06Ab	1.6±0.02Ab	2±0.03Aa
H_{ZK}	1.23±0.09Ac	1.3±0.03ABbc	1.5±0.04Aab	1.64±0.1Ba
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu		14.51*** 9.26*** 2.65***	

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; $p<0.001$***, $p<0.01$**, $p<0.05$*, $p>0.05$öd

Toprak azot içeriği değişimi açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu istatistiksel anlamda % 0.1 oranında önemli bulunmuştur. Buna göre uygulanan biyokömürler toprak azot içeriğine farklı etkisi göstermiştir. Örneğin hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürler piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömürlere göre toprak azot içeriğini artan doz ile pozitif orantılı olara etkilemişlerdir. Özellikle **H_{TG} ve H_{ZK}** biyokömürlerinin artan dozu ile birlikte toprak azot içeriğinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.5 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak azot içeriğine etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, Bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Toprak Azot (N) kapsamında % 0.8- 2 arasında değişmekte olup, en yüksek değer ise hidrotermal tavuk gübresi biyokömürünün 3. dozunda, en düşük değer ise pirolitik arıtma çamuru biyokömürünün 2.dozunda görülmüştür

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler toprak azot içeriği üzerinde farklı etkiye neden olmuştur. Örneğin **H_{TG} ve H_{ZK}** biyokömürleri uygulamasında doz artışı ile birlikte toprak azot içeriğinin arttığı gözlenmiştir.

4.6 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Fosfor Sonuçları

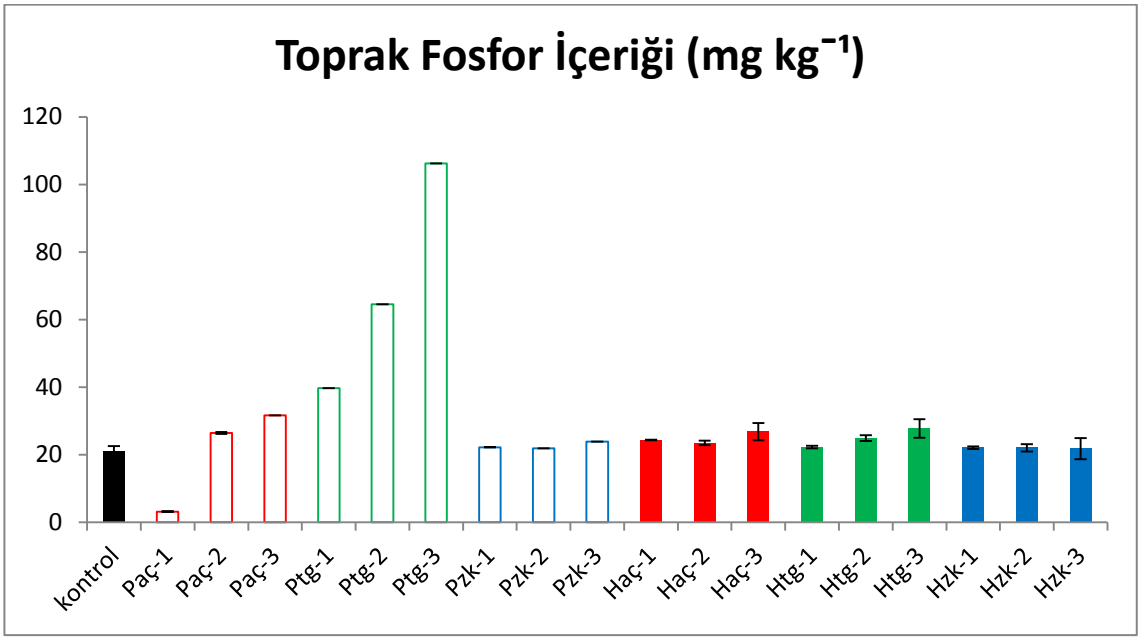
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin toprak fosfor içeriğine ait ortalamalarının varyans analizi çizelge 4.6'de verilmiştir.

Çizelge 4.6 Toprak fosfor sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu

Toprak Fosfor İçeriği				
Biyokömür Tipi	**Biyokömür Dozları**			
	0t/da	**1t/da**	**2t/da**	**4t/da**
$P_{AÇ}$	21±0.9Ac	24.8±1.12Bb	26.4±0.05Bb	31.7±0.5Ba
P_{TG}	21±0.9Ad	39.7±0.4Ac	65±1Ab	106.2±1.3Aa
P_{ZK}	21±0.9Ad	22.2±0.2Bab	21.9±0.5Dab	23.9±0.7Da
$H_{AÇ}$	21±0.9Ac	24.3±0.04Bab	23.5±0.4CDbc	26.8±2Ca
H_{TG}	21±0.9Ac	22.3±0.2Bc	25±0.5BCb	28±2Ca
H_{ZK}	21±0.9Aa	22±0.2Ba	22±0.6Da	21.8±2Da
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu		1010.94*** 438.41*** 258.25***	

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, $H_{AÇ}$: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; $p<0.001$***, $p<0.01$**, $p<0.05$*, $p>0.05$öd

Topraktaki fosfor içeriği değişimi açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu istatistiksel anlamda % 0.1 oranında önemli bulunmuştur. Buna göre uygulanan biyokömürler toprak azot içeriğine farklı etkisi göstermiştir. Örneğin piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömür $\mathbf{P_{AÇ}}$ ve $\mathbf{P_{TG}}$ uygulamaları toprağın fosfor içeriğini artan doz ile pozitif orantılı olarak arttırmıştır. Hidrotermal biyokömürlerde ise $\mathbf{H_{TG}}$ uygulamasında artan doz ile birlikte toprak fosfor içeriğinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.6 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak fosfor içeriğine etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, Bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Alınabilir toprak fosfor 3.16- 106 mg.kg arasında değişmekte olup en düşük değer ise pirolitik arıtma çamuru biyokömürünün 1.dozunda, en yüksek değer ise pirolitik tavuk gübresi biyokömürünün 3.dozunda görülmüştür.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler toprak fosfor içeriği üzerinde farklı etkiye neden olmuştur. Örneğin tavuk gübresinin her iki karbonizasyon yöntemi ile elde edilen **P_{TG} ve H_{TG}** biyokömürlerinde doz artışı ile birlikte toprak fosfor içeriğinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca arıtma çamurunun piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömüründe artan doz ile birlikte pozitif orantılı olarak artış gözlenmiştir.

4.7 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Kireç Sonuçları

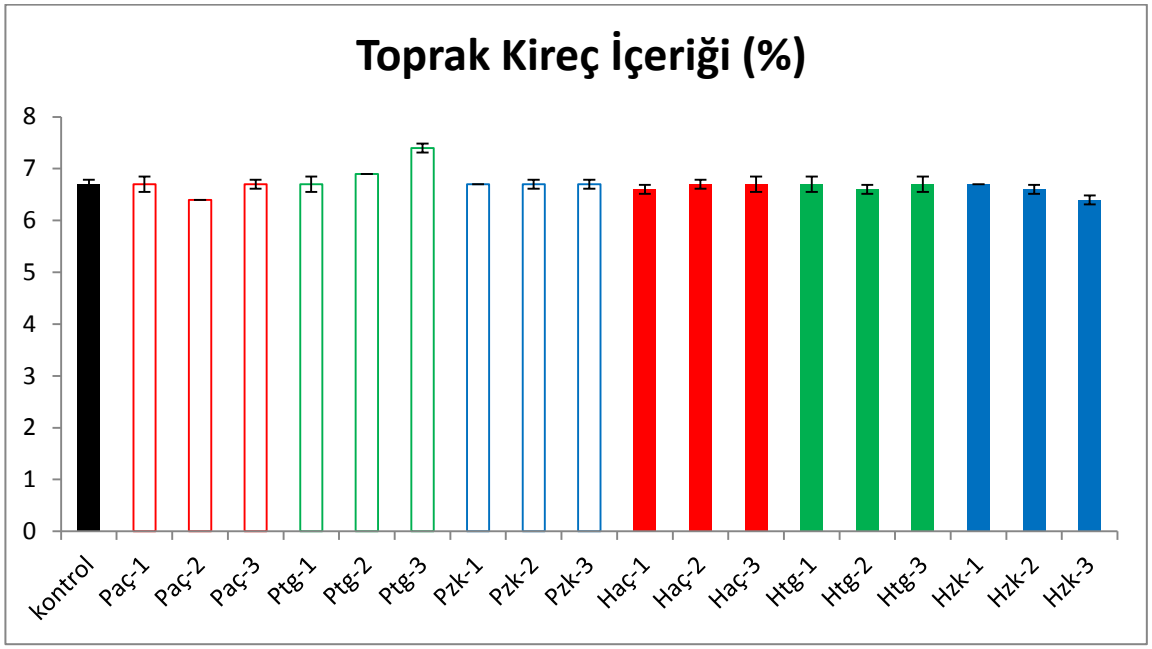
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin toprak kireç içeriğine ait ortalamalarının varyans analizi çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Toprak kireç sonuçlarının ortalamalarına ait varyans analiz tablosu

Toprak Kireç İçeriği				
Biyokömür Tipi	**Biyokömür Dozları**			
	0t/da	**1t/da**	**2t/da**	**4t/da**
$P_{AÇ}$	6.67±0.05Aa	6.72±0.09Aa	6.42±0.0Cb	6.67±0.05Ba
P_{TG}	6.67±0.05Ac	6.72±0.09Abc	6.87±0.0Ab	7.37±0.05Aa
P_{ZK}	6.67±0.05Aa	6.72±0.0Aa	6.67±0.05Ba	6.67±0.05Ba
$H_{AÇ}$	6.67±0.05Aa	6.62±0.05Aa	6.67±0.05Ba	6.72±0.09Ba
H_{TG}	6.67±0.05Aa	6.72±0.09Aa	6.62±0.05Ba	6.72±0.09Ba
H_{ZK}	6.67±0.05Aa	6.72±0.0Aa	6.62±0.05Ba	6.37±0.05Cb
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu		15.79*** 4.21*** 8.72***	

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; p<0.001***, p<0.01**, p<0.05*, p>0.05öd

Topraktaki kireç içeriği değişimi açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu istatistiksel anlamda % 0.1 oranında önemli bulunmuştur. Buna göre uygulanan biyokömürler toprak azot içeriğine farklı etkisi göstermiştir. Örneğin piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömür **P_{TG}** uygulamaları toprağın kireç içeriğini artan doz ile arttırmıştır.



Şekil 4.7 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak kireç içeriğine etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, Bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Toprak kireç kapsamı % 6,4-7,5 arasında değişmekte olup en düşük değer hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü 3.doz ve pirolitik arıtma çamuru biyokömürü 2.doz da iken en yüksek değer ise pirolitik tavuk gübresi biyokömürünün 3.dozunda görülmüştür.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler toprak fosfor içeriği üzerinde farklı etkiye neden olmuştur. Örneğin tavuk gübresinin piroliz yöntemi ile elde edilen **P_{TG}** biyokömüründe doz artışı ile birlikte toprak kireç içeriğinin arttığı gözlenmiştir.

4.8 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak pH'sı

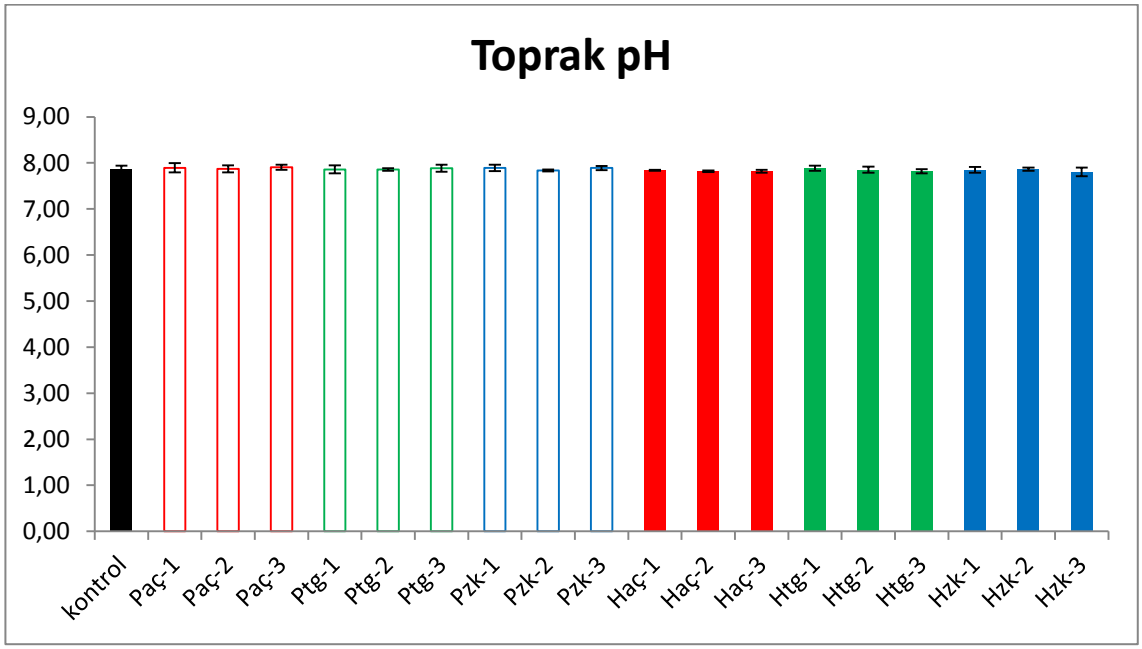
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin toprak pH'sına ait ortalamalarının varyans analizi çizelge 4.8'da verilmiştir.

Çizelge 4.8 Toprak pH sonuçlarının ortalamarına ait varyans analiz tablosu

Toprak pH				
Biyokömür Tipi	**Biyokömür Dozları**			
	0t/da	**1t/da**	**2t/da**	**4t/da**
$P_{AÇ}$	7.87±0.04Aa	7.89±0.06Aa	7.87±0.04Aa	7.9±0.03Aa
P_{TG}	7.87±0.04Aa	7.86±0.05Aa	7.86±0.01Aa	7.88±0.04Aa
P_{ZK}	7.87±0.04Aa	7.89±0.04Aa	7.84±0.01Aa	7.89±0.03Aa
$H_{AÇ}$	7.87±0.04Aa	7.84±0.005Aa	7.82±0.01Aa	7.82±0.02Aa
H_{TG}	7.87±0.04Aa	7.89±0.03Aa	7.85±0.04Aa	7.82±0.03Aa
H_{ZK}	7.87±0.04Aa	7.85±0.04Aa	7.86±0.02Aa	7.8±0.05Aa
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu		0.94öd 0.51öd 0.40öd	

$P_{AÇ}$: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; $p<0.001$***, $p<0.01$**, $p<0.05$*, $p>0.05$öd

Toprak pH sındaki değişimler açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Buna göre uygulanan biyokömürler toprak pH sında farklı etki göstermemiştir.



Şekil 4.8 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak pH'sı üzerine etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, Bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Toprak pH sonucu 7,81-7,9 arasında değişmekte olup en düşük değer hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü 3. dozunda, en yüksek değer ise pirolitik arıtma çamuru biyokömürü 3. dozunda görülmüştür.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler toprak pH kapsamı üzerinde farklı etkiye neden olmamıştır.

4.9 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Toprak Organik Madde Sonuçları

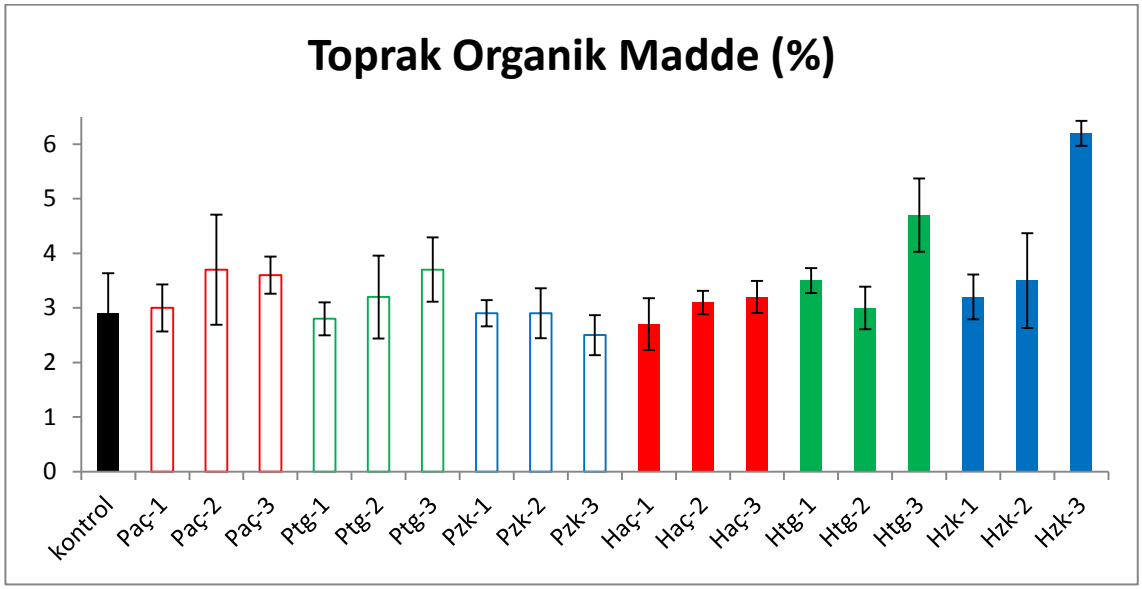
Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin toprak organik maddesine ait ortalamalarının varyans analizi çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9 Toprak organik maddesinin ortalamalarının ait varyans analiz tablosu

Toprak Organik Madde İçeriği				
Biyokömür Tipi	**Biyokömür Dozları**			
	0t/da	**1t/da**	**2t/da**	**4t/da**
$P_{AÇ}$	2.85±0.5Aa	3.03±0.3Aa	3.74±0.7Aa	3.55±0.2BCa
P_{TG}	2.85±0.5Aa	2.8±0.2Aa	3.25±0.5Aa	3.7±0.4BCa
P_{ZK}	2.85±0.5Aa	2.88±0.2Aa	2.9±0.3Aa	2.55±0.2Ca
$H_{AÇ}$	2.85±0.5Aa	2.69±0.3Aa	3.1±0.2Aa	3.23±0.2Ca
H_{TG}	2.85±0.5Ab	3.5±0.2Ab	3.02±0.3Ab	4.68±0.5Ba
H_{ZK}	2.85±0.5Ab	3.2±0.3Ab	3.5±0.6Ab	6.23±0.Aa
F - değeri	Biyokömür tipi Uygulama dozu B.K. tipi x Doz interaksiyonu		4.04*** 9.21*** 2.40**	

$P_{AÇ}$: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, istatistiksel açıdan yukarıdan aşağıya büyük harf her uygulama dozu altında farklı biyokömür tipleri arasındaki farklar nin aynı dozdaki istatistiksel farklılıklarını, soldan sağa küçük harf aynı biyokömür uygulamasının değişen uygulama dozları arasındaki farklar; p<0.001***, p<0.01**, p<0.05*, p>0.05öd

Topraktaki organik madde içeriği açısından biyokömür tipi x uygulama dozu interaksiyonu istatistiksel anlamda % 1 oranında önemli bulunmuştur. Buna göre uygulanan biyokömürler toprak organik madde içeriğine farklı etkisi göstermiştir. Örneğin piroliz yöntemi ile elde edilen **P_{TG}** biyokömüründe toprağın organik madde içeriğini artan doz ile pozitif orantılı olarak arttırmıştır. Hidrotermal biyokömürlerde ise $H_{AÇ}$**,** **H_{TG}** ve H_{ZK} uygulamarında artan doz ile birlikte toprak organik maddesi içeriğinin pozitif orantılı olarak arttığı görülmektedir.



Şekil 4.9 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının toprak organik maddesine etkisi

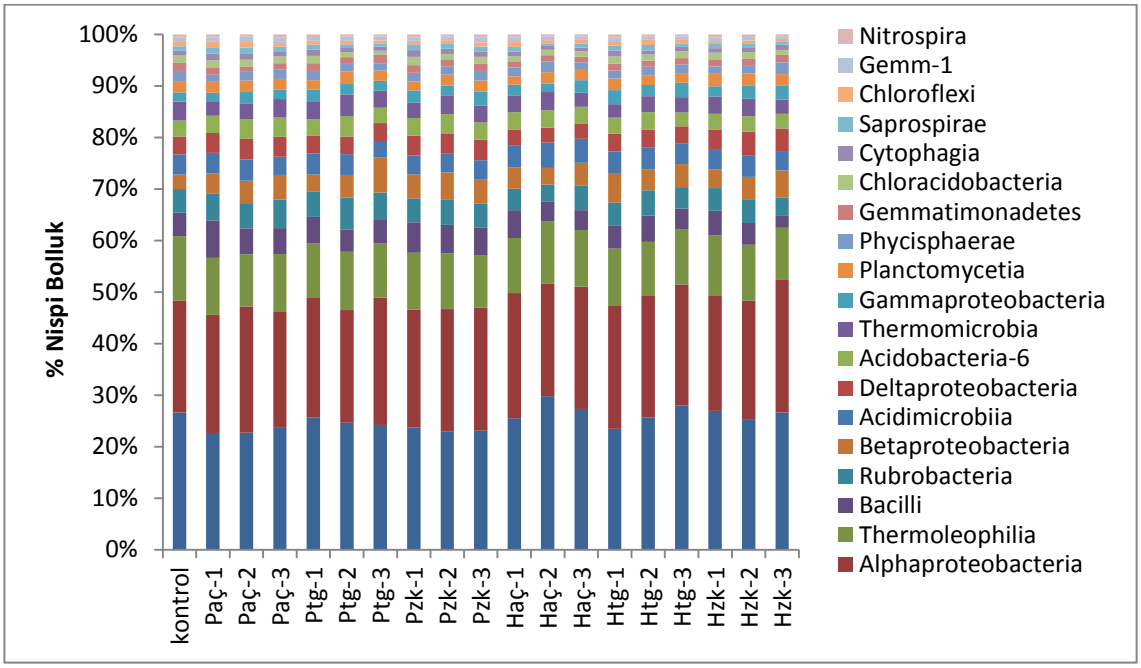
Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, Bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

Toprak organik madde % 2.5-6.2 arasında değişmekte olup en düşük değer pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü 3. dozunda, en yüksek değer ise hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü 3.dozunda görülmüştür.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler toprak organik maddesi içeriği üzerinde farklı etkiye neden olmuştur. Örneğin hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen **$H_{AÇ}$, H_{TG}** ve **H_{ZK}** uygulamarında artan doz ile birlikte toprak organik maddesi içeriğinin pozitif orantılı olarak arttığı görülmektedir. Pirolitik bitokömürlerde ise **P_{TG}** biyokömüründe toprağın organik madde içeriğini artan doz ile pozitif orantılı olarak arttığı gözlenmektedir.

4.10 Biyokömür Uygulanan Koşullarda Bakteriyel Taksonomik Bilgi

Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin bakteriyel nispi bolluğu üzerine etkisi Qiime2 2018.8 versiyonu ile analiz edilip sonuçları çizelge 4.10'de verilmiştir.



Şekil 4.10 Farklı dozda biyokömür uygulamalarının şube düzeyinde ilk 20 toprak bakteriyel nispi bolluğu üzerine etkisi

P_{AC}: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, P_{TG}: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, P_{ZK}: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, H_{AC}: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, H_{TG}: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, H_{ZK}: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, dozlar; 1: 1t/da, 2: 2t/da, 3: 4t/da, bütün değerler 3 ölçümün ortalamasıdır.

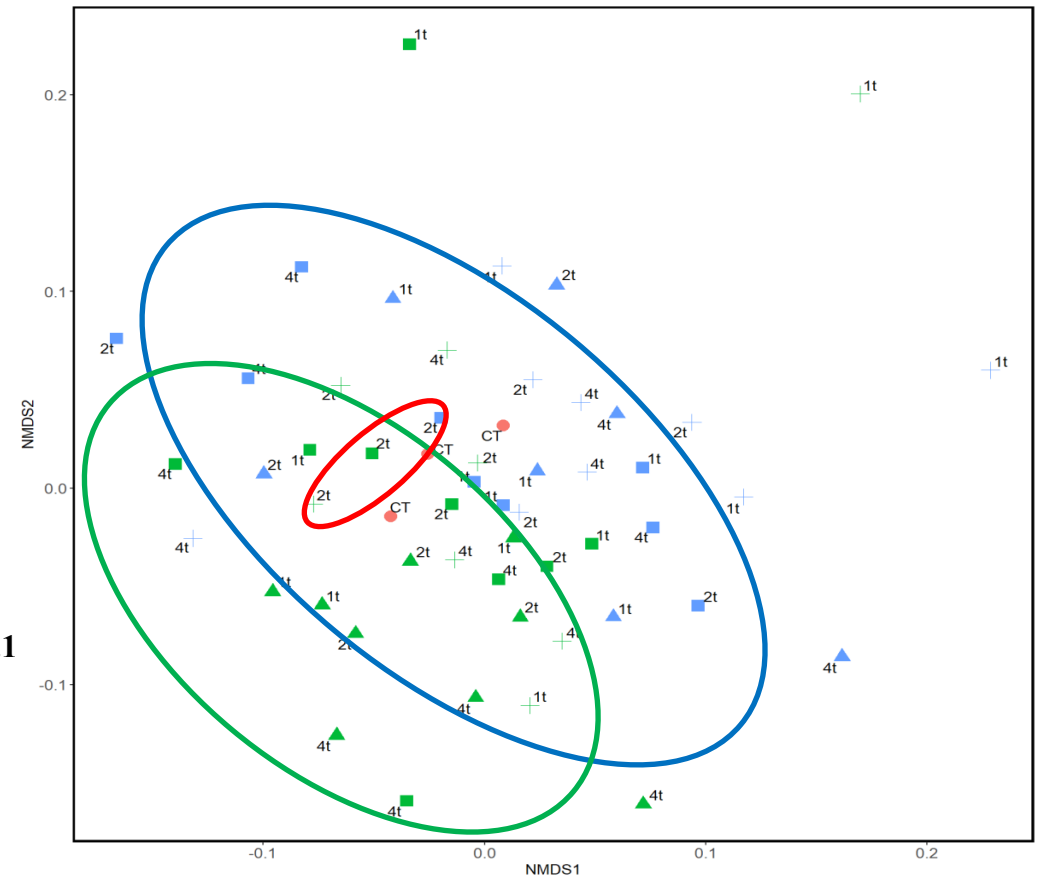
Toprak bakteriyel yapısına bakıldığında şube düzeyinde 3 baskın bakteri türü gözlenmektedir. Bunlar; Actinobacteria, Alphaproteobacteria, Thermoleophilia'dır.

Genel olarak pirolitik ve hidrotermal biyokömürler toprak bakteriyel nispi bolluğu üzerinde farklı etkiye neden olmamıştır. Örneğin, Actinobacteria açısından piroliz yöntemi ile elde dilen biyokömürler (**$P_{AÇ}$, P_{TG}, P_{ZK}**) ve hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürler (**$H_{AÇ}$, H_{TG}, H_{ZK}**) bakteri nispi bolluğu olan etkisi incelendiğinde oransal olarak uygulamalar arasında bir fark gözlenmemiştir.

4.11 NMDS (Parametrik Olmayan Çok Boyutlu Ölçeklendirme) Analizi

Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin NMDS (parametrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme) analizi ile farklı karbonizasyon yönteminin bakteriyel topluluk yapısı üzerindeki etkisi analiz edilip sonuçları şekil 4.11'de verilmiştir.

4.1



Şekil 4.11 Farklı karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteriyel topluluk yapısı üzerine etkisi

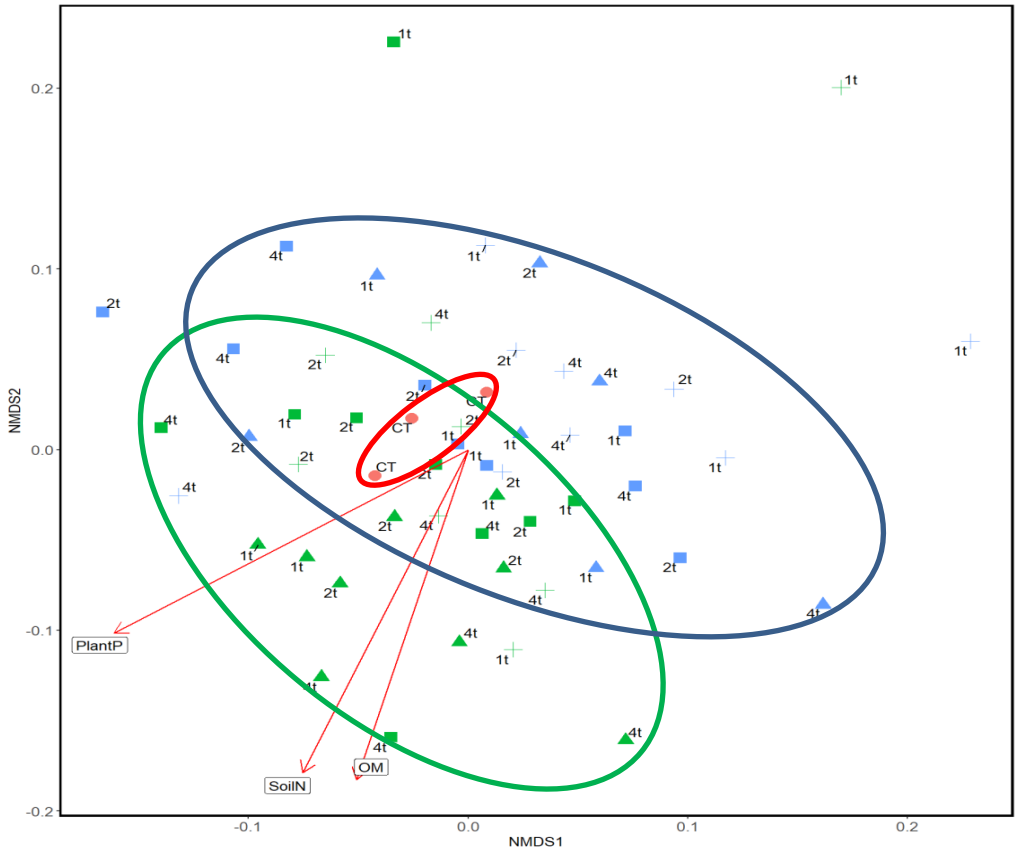
●:Kontrol, ▲: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, ■: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, +: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, ▲: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, ■: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, +: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, 1t: 1t/da, 2t: 2t/da, 4t: 4t/da, yukarıdaki şekilde gösterilen kırmızı halka kontrol, yeşil renk ile gösterilenler halka hidrotermal biyokömürleri, mavi renk halka ile gösterilenler ise pirolitik biyokömürleri ifade etmektedir.

Yukarıda şekil incelendiğinde pirolitik ve hidrotermal biyokömür uygulamaları farklı toprak bakteriyel yapılarını etkilemişlerdir. Pirolitik biyokömürler merkezde toplanırken hidrotermal biyokömürler sol aşağıya doğru kümelenmişlerdir.

4.12 NMDS Analizi; Bitki, Toprak Kimyasal Özellikleri ile Bakteriyel Topluluk Yapı İlişkisi

Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine uygulanan biyokömürlerin NMDS (parametrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme) analizi ile bitki, toprak kimyasal

özelliklerinin bakteriyel topluluk yapısı üzerindeki etkisi analiz edilip sonuçları şekil 4.12'de verilmiştir.



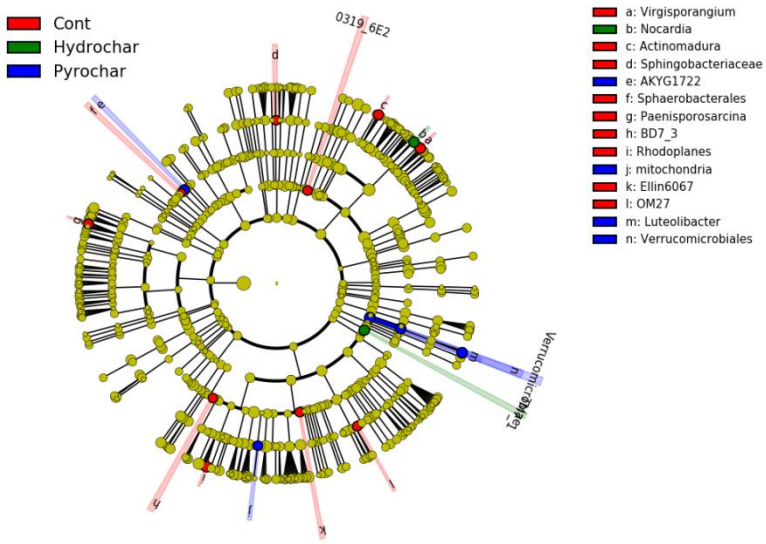
Şekil 4.12 Farklı karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteriyel topluluk yapısı ve bazı bitki, toprak kimyasal özellikleri üzerine etkisi

●:Kontrol, ▲: Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, ■: Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, +: Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, ▲: Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü, ■: Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü, +: Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü, 1t: 1t/da, 2t: 2t/da, 4t: 4t/da, yukarıdaki şekilde gösterilen kırmızı halka kontrol, yeşil renk ile gösterilenler halka hidrotermal biyokömürleri, mavi renk halka ile gösterilenler ise pirolitik biyokömürleri ifade etmektedir.

NMDS analizinde tüm bitki ve toprak kimyasal özellikleri ile dizileme sonrasında elde edilen biyolojik veriler (nispi bolluk) R programlama da birleştirmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi bunlardan sadece toprak organik maddesi, toprak azot kapsamı ve bitki fosfor içeriği bakteriyel yapının şekillenmesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yukarıdaki oklardan da anlaşılacağı üzere bu 3 kimyasal özellik hidrotermal biyokömürlerin pirolitik biyokömürlere göre farklı bakteriyel topluluk yapısını etkilemesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

4.13 Uygulanan Biyokömür Dozlarının (1t/da) Bakteriyel Gruplar Üzerindeki Etkisi

Uygulanan biyokömür dozlarının bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Dogrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.13 de verilmiştir.



Şekil 4.13 Farklı dozda (1t/da) biyokömür uygulamalarının toprak bakteriyel gruplarının üzerindeki etkisi

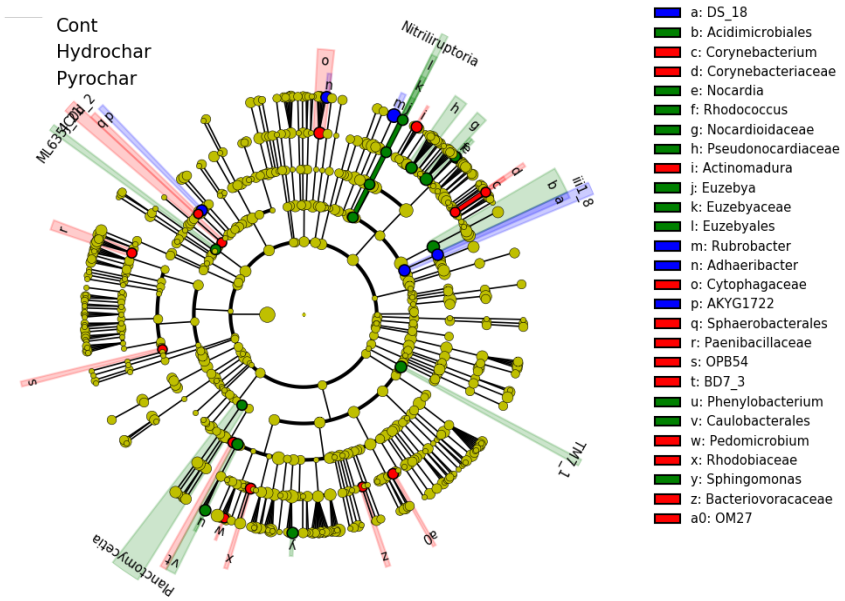
— : Kontrol, — : Hidrotermal Biyokömürler, — : Pirolitik Biyokömürler,

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi biyokömür uygulamalarının 1. dozunda kontrol grubu karbonizasyon gruplarına göre daha fazla bakteriyel grup etkilemiştir. Örneğin; virgisporangium, actinomadura, sphingobacteriaceae, sphaerobacterales, paenisporosarcino bakteri grupları önemli bir şekilde artmıştır. Karbonizasyon uygulamalarını incelediğimizde ise pirolitik biyokömürler hidrotermal biyokömürlere göre daha fazla bakteri grubu etkilemiştir. Örneğin; pirolitik biyokömürlerde mitochondria, luteolibacter, verrucomicrobiales grupları önemli bir şekilde artmıştır.

4.14 Uygulanan Biyokömür Dozlarının (2t/da) Bakteriyel Gruplar Üzerindeki Etkisi

Uygulanan biyokömür dozlarının bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Dogrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.14 de verilmiştir.



Şekil 4.14 Farklı dozda (2t/da) biyokömür uygulamarının toprak bakteriyel gruplarının üzerindeki etkisi

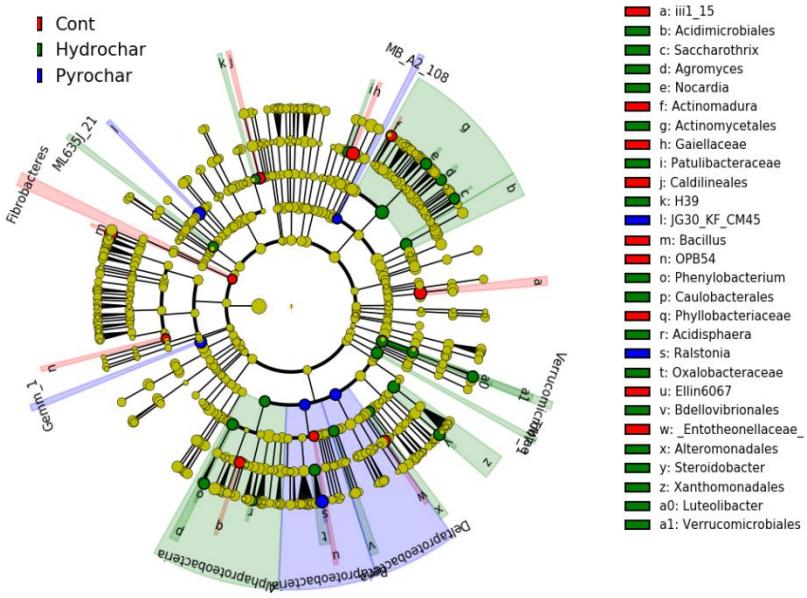
— : Kontrol, — : Hidrotermal Biyokömürler, — : Pirolitik Biyokömürler,

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi biyokömürlerin 2t/da uygulamasında kontrol grubu ile hidrotermal biyokömürler, pirolitik biyokömürlere göre daha fazla bakteriyel grup etkilemişlerdir. Biyokömürlerin 1t/da uygulamasına kıyasla 2t/da uygulamasında hidrotermal biyokömürlerin etkilediği bakteri grupları artmıştır. Örneğin; *Acidimicrobiales*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Euzebya*, *Phenylobacterium*, *Sphingomonas* bakteri grupları önemli bir şekilde artmıştır.

4.15 Uygulanan Biyokömür Dozlarının (4t/da) Bakteriyel Gruplar Üzerindeki Etkisi

Uygulanan biyokömür dozlarının bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Dogrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.15 de verilmiştir.



Şekil 4.15 Farklı dozda (4t/da) biyokömür uygulamalarının toprak bakteriyel gruplarının üzerindeki etkisi

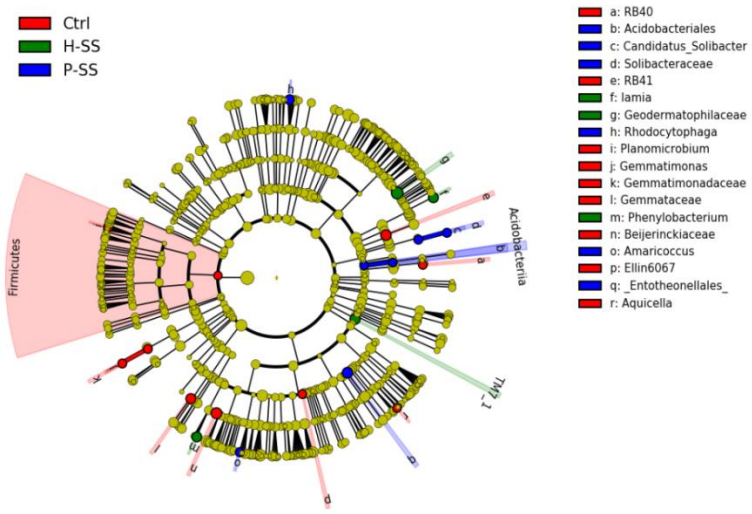
—: Kontrol, —: Hidrotermal Biyokömürler, —: Pirolitik Biyokömürler,

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi biyokömürlerin 4t/da uygulamasında hidrotermal biyokömürler, kontrol ve pirolitik biyokömürlere göre daha fazla bakteriyel grup etkilemişlerdir. Biyokömürlerin 1t/da ve 2t/da uygulamalarına kıyasla 4t/da uygulamasında hidrotermal biyokömürlerin etkilediği bakteri grupları artmıştır. Örneğin; *Actinomycetales, Acidisphaera, Oxalobacteraceae, Altermonadales, Steroidobacter, Xanthomonadales* bakteri grupları önemli bir şekilde artmıştır.

4.16 LEfSe Analizi ile Farklı Karbonizasyon Yöntemlerinin Arıtma Çamuru Üzerindeki Etkisi

Farklı karbonizasyon yöntemleri ile elde edilen arıtma çamuru biyokömürü uygulamasının bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Dogrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.16 de verilmiştir.



Şekil 4.16 Farklı karbonizasyon yöntemi ile Arıtma çamuru atığından elde edilen biyokömürün toprak bakteri grupları üzerindeki etkisi

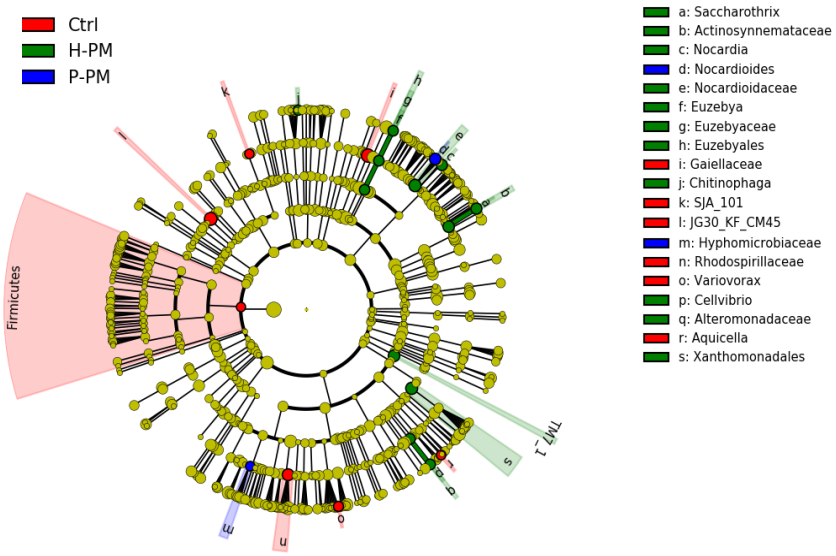
— : Kontrol, — : Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü, — : Pirolitik arıtma çamuru biyokömürü

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi farklı karbonizasyon yöntemi ile elde edilen arıtma çamuru biyokömüründe kontrol grubu karbonizasyon gruplarına göre daha fazla bakteri grubu etkilemiştir. Örneğin; *Planomicrobium, Gemmatimonas, Beijerinckiaceae, Aquicella* bakteri grupları önemli bir şekilde artmıştır. Karbonizasyon uygulamalarını incelediğimizde ise pirolitik biyokömürler hidrotermal biyokömürlere göre daha fazla bakteri grubu etkilemiştir. Örneğin; pirolitik biyokömürlerde *Acidiobacteriales, Solibacteroceae, Rhodocytophaga, Amaricoccus, Entotheonellales* grupları önemli bir şekilde artmıştır.

4.17 LEfSe Analizi ile Farklı Karbonizasyon Yöntemlerinin Tavuk Gübresi Üzerindeki Etkisi

Farklı karbonizasyon yöntemleri ile elde edilen tavuk gübresi biyokömürü uygulamasının bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Dogrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.17 de verilmiştir.



Şekil 4.17 Farklı karbonizasyon yöntemi ile tavuk gübresi atığından elde edilen biyokömürün toprak bakteri grupları üzerindeki etkisi

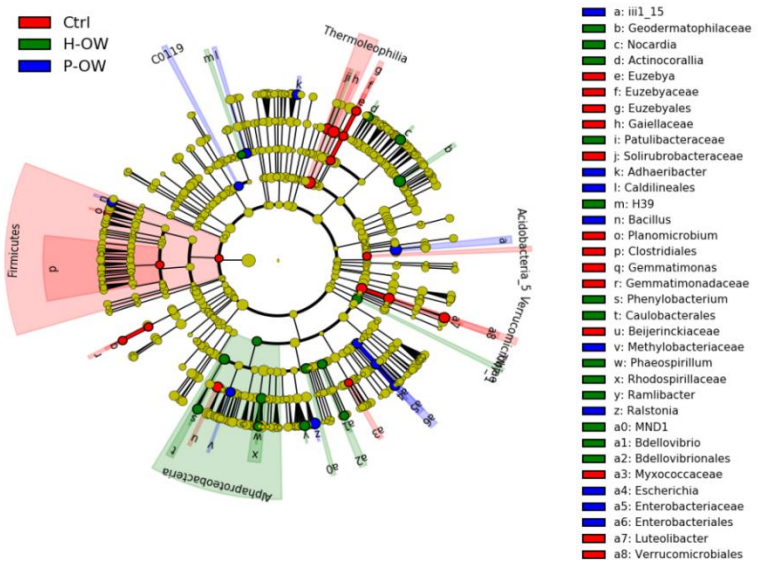
— : Kontrol, — : Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, — : Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi farklı karbonizasyon yöntemi ile elde edilen tavuk gübresi biyokömüründe hidrotermal biyokömürler, kontrol ve pirolitik biyokömürlere göre daha fazla bakteriyel grup etkilemişlerdir. Örneğin; *Actinosynnemataceae, Saccharothrix, Nocardia, Euzebya, Chitinophaga, Cellvibrio* bakteri grupları önemli bir şekilde artmıştır.

4.18 LEfSe Analizi ile Farklı Karbonizasyon Yöntemlerinin Zeytinyağı Küspesi Üzerindeki Etkisi

Farklı karbonizasyon yöntemleri ile elde edilen zeytinyağı küspesi biyokömürü uygulamasının bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Dogrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18 Farklı karbonizasyon yöntemi ile zeytinyağı küspesi atığından elde edilen biyokömürün toprak bakteri grupları üzerindeki etkisi

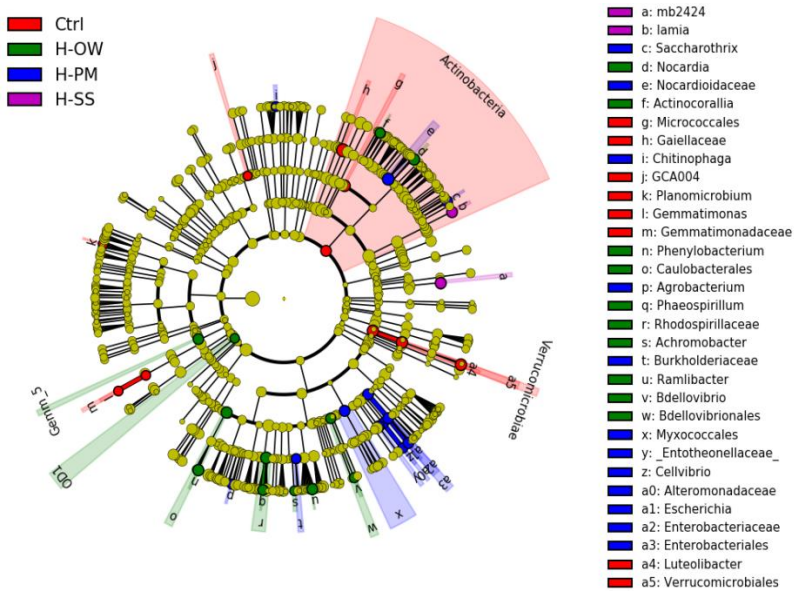
— : Kontrol, — : Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, — : Pirolitik zeytinyağı küspesi biyokömürü

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi farklı karbonizasyon yöntemi ile elde edilen zeytinyağı küspesi biyokömüründe kontrol ve hidrotermal biyokömürler, pirolitik biyokömürlere göre daha fazla bakteriyel grup etkilemişlerdir. Karbonizasyon uygulamalarını incelediğimizde ise hidrotermal biyokömürler pirolitik biyokömürlere göre daha fazla bakteri grubu etkilemiştir. Örneğin; hidrotermal biyokömürlerde *Geodermatophilaceae, Nocardia, Actinocorallia, Phenylobacterium, Ramlibacter* bakteri grupları önemli bir şekilde artmıştır.

4.19 Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemiyle Farklı Organik Atıklardan Elde Edilen Biyokömürlerin Bakteriyel Gruplar Üzerindeki Etkisi

Farklı organik atıklardan, hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Dogrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.19 de verilmiştir.



Şekil 4.19 Farklı organik atıklardan hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteri grupları üzerindeki etkisi

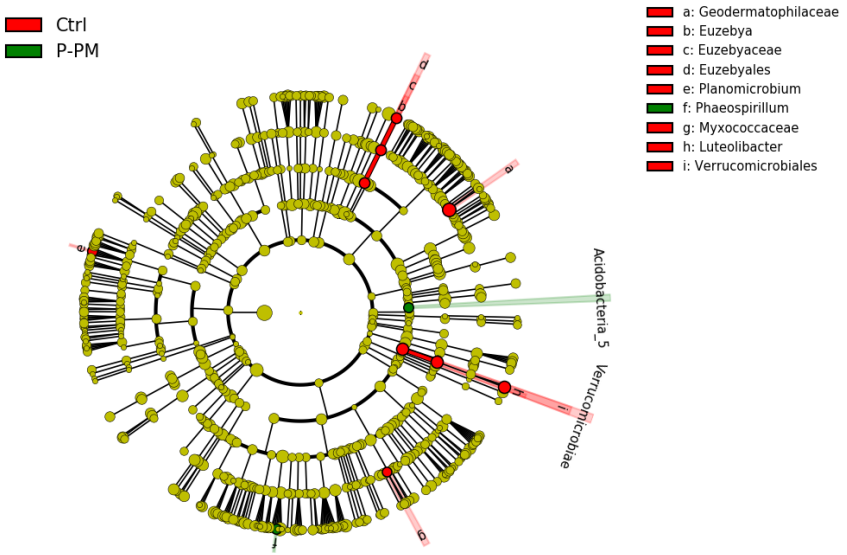
— : Kontrol, — : Hidrotermal zeytinyağı küspesi biyokömürü, — : Hidrotermal tavuk gübresi biyokömürü, — : Hidrotermal arıtma çamuru biyokömürü

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi farklı organik atıklardan hidrotermal karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokömürlerde tavuk gübresi ve zeytinyağı küspesi biyokömürleri, kontrol ve arıtma çamuru biyokömürüne göre daha fazla bakteriyel grup etkilemişlerdir.

4.20 Piroliz Yöntemiyle Farklı Organik Atıklardan Elde Edilen Biyokömürlerin Bakteriyel Gruplar Üzerindeki Etkisi

Farklı organik atıklardan, piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size / Doğrusal Ayırıcı Analiz Etki Boyu) analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin sonuçlar şekil 4.20 de verilmiştir.



Şekil 4.20 Farklı organik atıklardan piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömürlerin toprak bakteri grupları üzerindeki etkisi

— : Kontrol, — : Pirolitik tavuk gübresi biyokömürü

Yukarıda gösterilen daire filogenetik ağacı simgelemektedir. Daire iç halkadan dış halka ya doğru alem, şube, sınıf, takım, familya, cins olarak sıralanmaktadır. Dairedeki irili ufaklı sarı küreler ise o filogenetik ağaçtaki bakterileri temsil etmektedir.

Yukarıdaki şekilde, LEfSe analizinde 3 farklı organik madde(arıtma çamuru, zeytinyağı küspesi, tavuk gübresi) ve kontrol grubu analiz edilmiştir. Ancak şekilde de görüldüğü gibi organik maddelerden sadece tavuk gübresi istatistiksel anlamda önemli olarak farklı bakteri gruplarını etkilemiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİ

Bu tez çalışmasında Türkiye koşullarında yüksek miktarlarda açığa çıkan organik atıkların farklı karbonizasyon uygulamaları ile elde edilen biyokömürlerin bitki yetiştirilen deneysel koşullarda toprak bakteri çeşitliliği ve bitki besin maddesi içeriğine olan etkileri araştırılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde biyokömür'ün birçok toprak özelliğini etkilediği kanıtlanmıştır.

Yapılan analizlere göre kullanılan biyokömürlerin farklı pH'lara sahip olmalarına rağmen pH da herhangi önemli bir değişme gözlenmemiştir. Bunun nedeni ise kullanılan biyokömürlerin pH'larının deneme toprağının pH'sına yakın olmasında kaynaklandığı düşünülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da toprakta biyokömür uygulaması her zaman üretken bir strateji olmadığı bazen "hiçbir etkisi olmayan" ve "olumsuz etkileri" olan sonuçlar ortaya çıktığı birçok araştırmacı tarafından da gözlemlenmiştir (Jeffery vd. 2011).

Toprağın kireç kapsamı incelendiğinde ise genel olarak uygulamalar arasında fark görülememiştir. Kullanılan organik maddelerin kireç kapsamları arasında fark bulunmadığı için deneme sonrası toprakta kireç'te bir değişme görülmemiştir. Sadece piroliz ile elde edilen tavuk gübresinin en yüksek dozunda çok az bir değişim görülmüştür. Bunun nedeni tavuk gübresinin diğer organik maddelere göre daha fazla kireç içermesi olabilir.

Bitki toplam ve toprak alınabilir fosfor sonuçlarını incelediğimizde ise P_{TG}'nin fosfor içeriğinin daha fazla olduğunu görülmektedir. Kullanılan tavuk gübresinde fosfor içeriği fazla olduğundan dolayı toprağın fosfor içeriği fazladır ki buda bitki fosfor alımını etkilediği için bitkide de P_{TG} uygulamasında fosfor içeriği fazla saptanmış olabilir. Pirolitik biyokömürler bitki fosfor alımına etkisi hidrotermal biyokömürlere göre daha fazla etkili olduğu söylenebilir.

Topraktaki Azot kapsamını incelediğimizde ise hidrotermal karbonizasyon ile elde edilen biyokömür uygulamalarının toprakta azot içeriğini arttırdığı görülmektedir. HTC

uygulamasında tavuk gübresi ve zeytinyağı küspesinin toprak azot içeriğini artırmada daha etkili olduğu saptanmıştır. Bitki N kapsamı açısından $H_{AÇ}$ uygulamasında doz artışı ile birlikte bitki N alımı azalmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalarda biyokömür'ün bitki gelişimini arttırdığı belirtilmiştir. Örneğin Ioanna Manolikaki and Evan Diamadopoulos (2019), yaptıkları çalışmada biyokömür ilavesi bitki büyümesini arttırdığı, toprak koşulları, biyokömür tipi ve ek gübrelemenin sürdürülebilir tarım için bir araç olarak kullanılması için özel dikkat gösterilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir. Ek olarak (Edward Yeboaha vd. 2016), yapmış oldukları çalışmada artan biyokömür dozunun mısır veriminde pozitif etki yaptığı tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise bitki kuru ağırlıkları incelendiğinde hem pirolitik hemde hidrotermal arıtma çamuru biyokömürlerinin bitki büyümesini artan doz oranıyla pozitif bir şekilde arttırdığı görülmüştür. Ancak H_{ZK} uygulamasında ise artan dozla birlikte bitki büyümesinde azalma görülmüştür.

Farklı karbonizasyon yöntemleri ile elde edilmiş biyokömürlerin bakteriyel nispi bolluğu üzerinde önemli etkileri gözlenmemiştir. Ancak biyokömür uygulamaları sonucunda 3 dominant bakteri grubu gözlenmiştir. Bunlar; *Actinobacteria, Alphaproteobacteria, Thermoleophilia*'dır.

Farklı karbonizasyon yöntemlerinin bakteriyel yapıyı nasıl etkilediğini incelediğimizde ise, şekil 4.10'da görüldüğü gibi farklı karbonizasyon yöntemleri bakteriyel yapıyı farklı ve önemli bir şekilde etkilemiştir. Yapılan araştırmalarda biyokömür uygulaması ile toprak fiziksel ve kimyasal koşullarında meydana gelen iyileşmenin toprağın genel mikrobiyel biyokütlesi ve biyolojik aktivitesini olumlu etkilediği (Thies ve Rillig, 2009), ayrıca biyokömür'ün bakteriyel topluluk yapısını değiştirdiği tespit edilmiştir (Nan Xu vd. 2016). Toprağın fizikokimyasal özeliklerinin bakteriyel yapıyı şekillendirmedeki etkisine baktığımızda ise (şekil 4.11) toprağın azot, organik madde ve toplam bitki fosforunun hidrotermal karbonizasyon uygulamasında bakteriyel yapının yön değiştirmesinde etkili olduğu saptanmıştır.

Guangming Han vd (2017) yaptıkları çalışmada, biyokömür uygulamasının, topraklardaki mikrobiyal çeşitliliği arttırdığını ve toprak bakteri topluluğu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada uygulanan biyokömür dozunun bakteriyel gruplar üzerindeki etkisi araştırıldığında, şekil 4.15'de doz artışı ile etkilenen bakteri gruplarında attığı görülmektedir. Ayrıca en yüksek doz uygulamasında (4t/da) farklı karbonizasyon uygulamalarının farklı bakteri gruplarını önemli bir şekilde arttırdığı saptanmıştır. Örneğin; hidrotermal biyokömürler uygulamasında *Alphaproteobacteria, Actinomycetales, Acidimicrobiales, Verrucomicrobiales* artarken, pirolitik biyokömürlerde ise *Deltaproteobacteria, Betaproteobacteria, Ralstonia* önemli bir şekilde artış göstermektedir. Sonuç olarak biyokömür'ün bakteriyel çeşitliliği arttırdığı saptanmıştır.

Farklı karbonizasyon yöntemlerinin organik maddeler üzerindeki etkisi incelendiğinde şekil 4.13'de organik maddelerden farklı karbonizasyon yöntemi ile biyokömür elde edilmesi farklı bakteriyel grupları önemli bir şekilde etkilemiştir. Ayrıca farklı karbonizasyon yöntemleri organik maddeler üzerinde farklı etki yapmıştır. Örneğin; arıtma çamurunda pirolitik biyokömürler daha fazla bakteri grubunu etkilerken, tavuk gübresinde ve zeytinyağı atığında ise hidrotermal biyokömürler pirolitik biyokömürler'e kıyasla daha fazla bakteriyel grup etkilemiştir. Üç farklı organik atığın kontrol uygulaması ile karşılaştırdığımızda *Firmicutes* bakteri grubu önemli bir şekilde etkilenmiştir.

Bu yüksek lisans tez çalışması Türkiye koşullarında Yeni Nesil DNA Dizi Analizi teknolojisi ve biyoinformatik ile toprak mikrobiyel ekolojisi alanında yapılmış ilk çalışmadır. Elde edilen sonuçlar farklı tür ve dozlarda uygulanan biyokömürlerin toprağın farklı bakteri topluluklarının uyardığına işaret etmektedir. Bu bilgi hangi organik atığın hangi karbonizasyon yöntemi ile elde edilen biyokmürlerinin toprak mikrobiyel ekolojisi açısından daha elverişli koşullar sağladığını görmek açısından önemlidir. Elde edilen bulgular hidrotermal biyokömürlerin pirolitik muadillerine kıyasla daha yüksek sayıda çeşitli bakteri gruplarını etkilediğini göstermiştir. Bu durum hidrotermal karbonizasyon ile elde edilen biyokömürlerin pirolitik biyokömürlere kıyasla daha fazla ayrışabilir nitelikte olması ve bu nedenle topraktaki biyokimyasal

döngülere daha fazla adapte olması çabuk etkilenmesi şeklinde yorumlanabilir. Bu noktada hidrotermal biyokömür uygulamaları daha ileri düzeyde araştırılmayı hak etmektedir. Elde edilen veriler kısa süreli bir sera denemesinden sağlanmıştır. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda hidrotermal ve pirolitik biyokömür uygulamalarının toprak bakteriyel çeşitliliği üzerine etkileri daha uzun süreli ve doğal tarla koşullarında araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akça M.O. Namlı A. 2015. Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. Eurasian J Soil Sci 4 (3) 161 – 168.

Angın D., Effect of pyrolysis temperature and heating rate on biochar obtained from pyrolysis of safflower seed press cake. 2013. Bioresource Technology 128, 593–597.

Aydıncak, K., Tuğrul Yumak, Ali Sınağ, Bekir Esen. 2012. Synthesis and Characterization of carbonaceous materials from saccharides (Glucose and Lactose) and two waste biomasses by Hydrothermal Carbonization. Industrial & Engineering Chemistry Research, 51 (26) 9145-9152.

Avola, S., M. Guillot, D. da Silva-Perez, S. Pellet-Rostaing, W. Kunz, F. Goettmann. 2012. Organic chemistry under hydrothermal conditions. Pure Appl Chem, 85, pp. 89–103.

Baldock, J. A. and Smernik, R.J. 2002. Chemical composition and bioavailability of thermally altered Pinus resinosa (red pine) wood. Org. Geochem. 33, 1093– 1109.

Demirbas, A., 2004. Effects of Temperature and Particle Size on Biochar Yield from Pyrolysis of Agricultural Residues. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 72:243-248.

Dönmez, D., Şimşek, Ö., Kaçar, Y., A., Yeni Nesil DNA Dizileme Teknolojileri ve Bitkilerde Kullanımı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 8 (1): 30-37, 2015.

Edward Y., Gideon A., Boafo K., Akwasi A. A., Effect of biochar type and rate of application on maize yield indices and water use efficiency on an Ultisol in Ghana. Africa-EU Renewable Energy Research and Innovation Symposium, RERIS, Tlemcen, Algeria. Energy Procedia 93 (2016) 14 – 18.

Elmer, W.H., and J.J. Pignatello. 2011. Effect of biochar amendment on mycorrhizal associations and Fusarium crown and root rot of asparagus in replant soils. Plant Dis. 10.1094/PDIS-10–10–0741.

Gunes, A. A. Ina1, M. B. Taski1, O. Sahin, E. C. Kaya, A. Atakol 2014. Effect of phosphorus-enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (Lactuca sativa L. cv.) grown in alkaline soil. Soil Use and Management, June 2014, 30, 182–188 doi: 10.1111/sum.12114

Gunes, A. A. Ina1, O. Sahin, M. B. Taski1, O. Atakol and N. Yilmaz. 2015. Variations in mineral element concentrations of poultry manure biochar obtained at different pyrolysis temperatures, and their effects on crop growth and mineral nutrition Soil Use and Management Volume 31, Issue 4, pages 429–437.

Hamer, U., Marschner, B., Brodowski, S., and Amelung, W. 2004. Interactive priming of black carbon and glucose mineralisation. Org. Geochem. 35, 823–830.

Han, G., Lan, J., Chen, Q., Yu, C., Bie, S., Response of soil microbial community to application of biochar in cotton soils with different continuous cropping years. Scientific Reports | 7: 10184. DOI: 10.1038/s41598-017-10427-6.

Inal, A.; Gunes, A.; Sahin, O.; Taskin, M.B.; Kaya, E.C. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. Soil Use Manag. 2015, 31, 106–113.

Manyà, J., J., Pyrolysis for Biochar Purposes: A Review to Establish Current Knowledge Gaps and Research Needs. Environ. Sci. Technol. 2012, 46, 7939−7954.

Jenkins, J., R.; Viger, M.; Arnold, E., C.; Harris, Z., M.; Ventura, M.; Miglietta, F.; Girardin, C.; Edwards, R., J.; Rumpel, C.; Fornasier, F.; Zavalloni, C.; Tonon, G., Alberti, G.; Taylor, G. Biochar alters the soil microbiome and soil function: results of next-generation amplicon sequencing across Europe. GCB Bioenergy (2017) 9, 591–612, doi: 10.1111/gcbb.12371.

Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, J., S., Lehmann, J. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant Soil (2010) 333:117–128 DOI 10.1007/s11104-010-0327-0.

Kambo, H.S. A. Dutta. 2015. A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. Renew. Sustain. Energy Rev., 45, pp. 359–378.

Kolton, M.; Harel, Y., M.; Pasternak, Z.; Graber, E., R.; Elad, Y.; Cytryn, E. Impact of Biochar Application to Soil on the Root-Associated Bacterial Community Structure of Fully Developed Greenhouse Pepper Plants. Applied And Environmental Microbiology, July 2011, p. 4924–4930 Vol. 77, No. 14 0099-2240/11/$12.00. doi:10.1128/AEM.00148-11.

Kolton, M., Graber, E., R., Tsehansky, L., Elad, Y., Cytryn, E., 2017. Biochar-stimulated plant performance is strongly linked to microbial diversity and metabolic potential in the rhizosphere. New Phytologist. 213: 1393–1404 doi: 10.1111/nph.14253.

Kruse, A., A. Funke, M.-M. Titirici. 2013. Hydrothermal conversion of biomass to fuels and energetic materials. Curr Opin Chem Biol, 17, pp. 515–521.

Lehmann J. Matthias C. Rillig, Janice Thies, Caroline A. Masiello William C. Hockaday, David Crowley. 2011. Biochar effects on soil biota-A review. Soil Biology & Biochemistry 43. 1812-1836.

Manolikaki, I., Diamadopoulos, E., 2019. Positive effects of biochar and biochar-compost on maize growth and nutrient availability in two agricultural soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, doi.org/10.1080/00103624.2019.1566468.

Matsubara Y-I, Hasegawa N, Fukui H 2002. Incidence of Fusarium root rot in asparagus seedlings infected with arbuscular mycorrhizal fungus as affected by several soil amendments. . J Jpn Soc Hortic Sci 71:370–374.

Mohan, D., Pittman, C. U. Jr., Brcika, M., Smith, F., Yancey, B., Mohammad, J., Steele, P. H., Alexandre-Franco, M. F., Go´mez-Serrano, V., and Gong, H. 2007. Sorption of arsenic, cadmium and lead by chars produced from fast pyrolysis of wood and bark during bio-oil production. J. Colloid Interface Sci. 310, 57–73.

Nan Xu, Guangcai tan, Hongyuan Wang, Xiapu Gai. Effect of biochar addition to soil on nitrogen leaching, microbial biomass and bacterial community structure. European Journal of Soil Biology 74 (2016) 1-8.

Nerome, M., K. Toyota, T.M.D. Islam, T. Nishijima, T. Matsuoka, K. Sato, and Y. Yamaguchi. 2005. Suppression of bacterial wilt of tomato by incorporation of municipal biowaste charcoal into soil. Soil Microorg. 59:9–14.

Özcan, S. 2009. Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (Transgenetik) mısırın tarımsal üretime katkısı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, cilt 2, Sayı 2,01-34.

Özçimen D, Karaosmanoglu F. Production and characterization of bio-oil and biochar from rapeseed cake. Renew Energy 2004; 29:779–87.

Özkan, A., Günkaya, Z., Banar, M., Pyrolysis of Plants After Phytoremediation of Contaminated Soil with Lead, Cadmium and Zinc. Bull Environ Contam Toxicol. Doı 10.1007/S00128-016-1746-2

Pietika¨inen, J., Kiikkila¨, O., and Fritze, H. 2000. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. Oikos 89, 231–242.

Rutigliano, F.A., Romano, Marzaioli, R., Baglivo, I., Baronti, S., Miglietta, F., Castaldi, S., 2019. Effect of Biochar Addition on Soil Microbial Community in a Wheat Crop. European Journal of Soil Biology. Volume 60, January–February 2014, Pages 9-15.

Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., And Roland, B., 2009. Corresponding Author and Editor: Evelyn Krull CSIRO Land Water Science Report Biochar, Climate Change and Soil: A review to Guide Future Research.

S.Jeffery, F.G.A.Verheijen, M.van der Velde, A.C.Bastos, A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using metaanalysis.

Agriculture, Ecosystems & Environment. Volume 144, Issue 1, November 2011, Pages 175-187.

Samonin, V.V, Elikova, E.E., 2004. A study of the adsorption of bacterial cells on porous materials. Microbiology 73, 810-816.

Sheng, Y., Lizhong, Z., 2017. Biochar alters microbial community and carbon sequestration potential across different soil pH. Science of The Total Environment. Volumes 622–623, 1 May 2018, Pages 1391-1399.

Steinbeiss, S., Gleixner, G., and Antonietti, M. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. Soil Biol. Biochem. 41, 1301–1310.

Thies, E., and Rilling, M. C. 2009. Characteristics of biochar: Biological properties. In "Biochar for Environmental Management. Science and Technology" (J. Lehmann and S. Joseph, Eds.), Earthscan, London.

Titirici, M.M., R.J. White, C. Falco, M. Sevilla. 2012. Black perspectives for a green future: hydrothermal carbons for environment protection and energy storage. Energy Environ Sci, 5, pp. 6796–6822.

Williams, P. T., 2005. Waste Treatment and Disposal. John Wiley&Sons Ltd.

Zafar, U., Muhammad, A., Muzaffar, A., Mohammed, A., Aurang, Z., Tariq, Z. Effect of biochar on maize yield and yield components in rainfed conditions. Int. J. Agron. Agri. Res. 12(3), 46-51, March 2018.

Xiubin,W., Dali,S., Guoqing,L., Qian, Z., Chao,A., Wei, Z. Maize biochar addition rate influences soil enzyme activity and microbial community composition in a fluvo-aquic soil. Applied soil ecology. Volume 96, November 2015, Pages 265-272.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bahar SEVİLİR
Doğum Yeri : Balıkesir
Doğum Tarihi : 26.08.1991
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce, İtalyanca

Eğitim Durumu (Kurumu ve Yılı)

Lise : Balıkesir Adnan Menderes Anadolu Lisesi (Haziran 2009)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü (Temmuz 2015)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (Şubat 2016 – Ağustos 2019)

<u>Yayınları</u>

Kataoka, R.,Güneri, E., Turgay, O. C., Yaprak, A. E., **Sevilir, B.,** Başköse, I.,2017. Sodium-resistant plant growth- promoting rhizobacteria isolated form a halophyte, Salsola grandis, in saline- alkaline soils of Turkey 2017, Eurosion J Soil Sci, 6(3) 216-225 DOI: 18393/ ejss/289460

Namlı A.,Mahmood A., **Sevilir B.,** Özkır E., 2017. Effect of phosphorus solubilizing bacteria on some soil properties, wheat yield and nutrient contents. Eurasian J Soil Sci 2017, 6 (3) 249-258 DOI: 10.18393/ejss.293157

Namlı,A., **B. Sevilir,** E. Özkır, A. Mahmood. 2016. Effect of Phosphorus Solubilizing Bacteria on Bulk and Rhizospheric Soil's Biological Properties. 5.Eurosoil Congress 2016 Istanbul/ TURKEY (poster).

Sevilir, B., Suzuki, K., Donar, Y. O., Sınağ, A.,Turgay, O. C., Harada, N., A comparison of soil bacterial communities under the applications of pyrochar and hydrochar derived from different waste materials. Annual Meeting of Japanese Society of Soil Microbiology 2019 June, Hokkaido/Japan (poster).

Sevilir, B., Suzuki, K., Bizen, E., Donar, Y. O., Sınağ, A.,Turgay, O. C., Harada, N.,The Effect of Biochar Application on Soil Bacterial and Arbuscular Mycorrhizal Fungal Diversity in Rhizosphere of Maize (*Zea mays*). 5th Asian Conference on Plant-Microbe Symbiosis and Nitrogen Fixation 2019 May, Sendai/Japan (poster).