



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI TEKSTÜRLERE SAHİP TOPRAKLARDA  
BİYOKÖMÜRÜN BUĞDAY (TRITICUM AESTIVUM L.)  
BİTKİSİNİN RİZOSFER BÖLGESİNDEKİ MİKROBİYAL  
AKTİVİTEYE OLAN ETKİSİ**

**EMRAH ALBAYRAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**ORDU 2019**

**T.C.**  
**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**FARKLI TEKSTÜRLERE SAHİP TOPRAKLARDA BİYOKÖMÜRÜN  
BUĞDAY (TRITICUM AESTIVUM L.) BİTKİSİNİN RİZOSFER  
BÖLGESİNDEKİ MİKROBİYAL AKTİVİTEYE OLAN ETKİSİ**

**EMRAH ALBAYRAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2019**

## TEZ ONAY


EMRAH ALBAYRAK tarafından hazırlanan “FARKLI TEKSTÜRLERE SAHİP TOPRAKLARDA BIYOKÖMÜRÜN BUĞDAY (*TRITICUM AESTIVUM L.*) BITKİSİNİN RİZOSFER BÖLGESİNDEKİ MİKROBİYAL AKTİVİTEYE OLAN ETKİSİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02.09.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / ~~oy~~ ~~çokluğu~~ ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman  
Dr. Öğretim Üyesi Funda IRMAK YILMAZ

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Funda IRMAK YILMAZ  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Ordu  
Üniversitesi

.....  


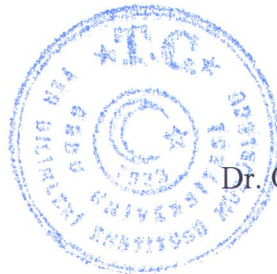
Üye  
Prof.Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Ordu  
Üniversitesi

.....  

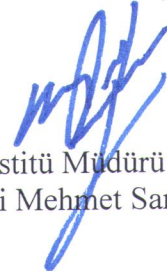

Üye  
Doç.Dr. M.Tolga ESETLİLİ  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Ege  
Üniversitesi

.....  


..11 / 09 / 2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 13 / 09 / 2019. tarih ve 2019. / 618 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

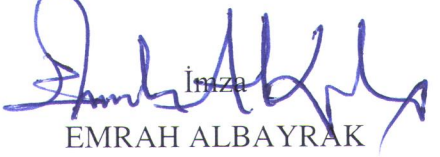


Enstitü Müdürü  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER

.....  


## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

  
EMRAH ALBAYRAK

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

# FARKLI TEKSTÜRLERE SAHİP TOPRAKLARDA BİYOKÖMÜRÜN BUĞDAY BİTKİSİNİN RİZOSFER BÖLGESİNDEKİ MİKROBİYAL AKTİVİTEYE OLAN ETKİSİ

EMRAH ALBAYRAK

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 41 SAYFA

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞRETİM ÜYESİ FUNDA IRMAK YILMAZ

Bu çalışma ile günümüzde ısınma amaçlı ve mobilyacılıkta dolgu malzemesi olarak kullanılan fındıkkağı, bir organik materyal olan biyokömüre dönüştürülerek farklı topraklardaki özellikle rizosfer bölgesindeki mikrobiyal aktiviteye olan etkinliğinin araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada biyokömür dışında geniş olan C/N oranını düşürmek için farklı oranlarda  $NH_4(NO_3)_2$  gübresi de uygulanarak, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ve bazı besin maddesi içeriği üzerinde ne gibi düzenleyici etkiler meydana getirdiği karşılaştırılarak incelenmiştir.

Isınma ve mobilya hammaddesi olarak kullanılan fındık kabuğundan biyokömür üretilerek toprak düzenleyicisi olarak kullanımına ait çalışmaların yapılmamış olması sebebiyle, bu çalışma ile elde edilen bulgularla bilimsel veriler ortaya konulacak, ayrıca kullanılabilir oran ve ortamlar belirlenmiş, diğer organik madde kaynaklarıyla da karşılaştırma yapma olanağı sağlanmıştır. Özellikle Karadeniz Bölgesinde tarımsal bir atık haline gelmiş fındıkkağından elde edilecek biyokömürün yine bir tarımsal girdi haline getirilerek tarım topraklarına faydası ortaya konulmuştur.

Sera koşullarında yürütülecek olan bu çalışma ile kumlu killi-tın ve kumlu-tınlı farklı tekstüre sahip iki farklı toprağa ilave edilecek biyokömür ve  $NH_4(NO_3)_2$  gübresinin Buğday; *Triticum aestivum L.* bitkisinin rizosfer bölgesindeki biyolojik özellikler mikrobiyal biomass,  $CO_2$ -üretimi, Üreaz, Asit fosfataz ve alkalın fosfataz aktiviteleri üzerine etkisi sera denemesi ile araştırılmıştır. Denemede bitkisel materyal olarak Buğday; *Triticum aestivum L.* bitkisinin Altınbaşak çeşidi kullanılmıştır. Saksı denemesinde 2 farklı tekstür, 3 farklı doz  $NH_4(NO_3)_2$  gübresi, 3 farklı doz fındık kabuğundan üretilmiş biyokömür kullanılarak 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür.

Bu çalışmada geniş C/N oranına sahip biokömürün farklı dozlarda uygulaması ile geniş C/N oranı daraltılarak toprak enzimleri, karbon mineralizasyonu, mikrobiyal biomas ve diğer toprak özellikleri ile ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Besin Elementi, Biyokömür, Buğday; *Triticum Aestivum L.*, Organik Atık, Toprak Enzimleri.

## ABSTRACT

### THE IMPACT OF BIOCOAL ON MICROBIAL ACTIVITY IN THE RHIZOSPHERE REGION OF WHEAT PLANT IN SOILS WITH VARIOUS TEXTURES

EMRAH ALBAYRAK

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

MASTER THESIS, 41 PAGES

SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. FUNDA IRMAK YILMAZ

This study aims to convert nutshell, which is used for heating and as a filling material in furniture business, into biocoal, which is an organic material, and investigate its impact on microbial activity in various soils especially in the rhizosphere region. In this study, it will be compared and investigated what kind of regulatory impacts biocoal creates on physical, chemical and biological features of soils and contents of some nutrients by implementing  $\text{NH}_4(\text{NO}_3)_2$  fertilizer in different rates to lower the C/N ratio which is broad outside biocoal.

As there are no studies on producing biocoal from nutshell, which is used as heating and furniture raw material, and using it as soil regulator, scientific data will be presented with the results to be obtained from this study and the rates and environments that can be used will be identified and it will be possible to make comparison with other organic substance sources. By turning biocoal to be obtained from nutshell, which has become an agricultural waste especially in the Black Sea Region, into another agricultural input, its benefit to the agricultural soils will be presented.

With this study to be carried out in greenhouse conditions, the impact of biocoal and  $\text{NH}_4(\text{NO}_3)_2$  fertilizer to be added to two different types of soils with sand clay loam and sand loam textures on biological features microbial biomass,  $\text{CO}_2$  generation, urease, acid phosphatase and alkaline phosphatase activities in the rhizosphere region of Wheat; *Triticum aestivum L.* plant will be investigated with greenhouse trial. In the trial, Goldenrod type of Wheat; *Triticum aestivum L.* plant will be used as herbal material. The pot trial will be repeated 3 times using 2 different textures, 3 different dozes of  $\text{NH}_4(\text{NO}_3)_2$  fertilizer and biocoal produced from 4 different dozes of nutshell.

This study aims to narrow down broad C/N ratio by implementing biocoal with broad C/N ratio in different dozes and investigate its relationship with soil enzymes, carbon mineralization, microbial biomass and other soil features.

**Keywords:** Biochar, Nutrition Element, Organic Waste, Soil Enzymes, Wheat; *Triticum aestivum L.*

## TEŞEKKÜR

Hayat yoldaşım Lerzan' a ve hergün birlikte yeniden büyüdüğüm kızım Öykü' ye, eğitim, öğretim hayatımı başlatarak üretken ve uygar bir birey olmam yolunda ömürlerini harcamış anneme ve babama, çok sevdiğim kardeşim Selin' e teşekkür ederim.

Yüksek lisans yapmam konusunda beni teşvik eden mentörüm Dr. Öğretim Üyesi Funda IRMAK YILMAZ hocama teşekkür ederim. Lisans ve yüksek lisans eğitimlerim boyunca hayatıma dokunmuş hocalarıma tüm emekleri için teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimimi tamamladığım bugünlerde Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Bölüm Başkanı Prof. Dr. Faruk Özkutlu hocama manevi destekleri için teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	VI
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	VII
<b>EKLER LİSTESİ</b> .....	VIII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	5
<b>3. MATERYAL ve METOD</b> .....	17
3.1 Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi.....	18
3.2 Toprak Örneklerinde Kullanılan Analiz Yöntemleri.....	18
3.3 Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Yöntemler.....	20
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	21
4.1 Üreaz Enzim Aktivitesi.....	21
4.2 Asit Fosfataz Aktivitesi.....	22
4.3 Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi.....	23
4.4 CO <sub>2</sub> Üretimi.....	24
4.5 Mikrobiyal Biyomas-C.....	25
4.6 Organik Madde İçeriği.....	26
4.7 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Kalsiyum (Ca) İçeriği Üzerine Etkileri.....	27
4.8 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Bitkiye Yararışlı P Üzerine Etkisi.....	28
4.9 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ekstrakte Edilebilir Potasyum (K) Üzerine Etkisi.....	28
4.10 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Mikro Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkileri.....	29
4.10.1 Çinko (Zn) İçeriği.....	29
4.10.2 Cu İçeriği.....	29
4.10.3 Fe İçeriği.....	30
4.11 Biyokömürün pH Üzerine Etkisi.....	30
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	32
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	33
<b>EKLER</b> .....	38
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	41



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 3. 1</b> Saksı Denemesi Kuru Madde Uygulama Miktarları .....	17
<b>Çizelge 3. 2</b> Denemede Kullanılan Toprağa Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler ile Biyokömüre Ait Özellikler .....	18
<b>Çizelge 4. 1</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Üreaz ( $\mu\text{g N g.k.t}^{-1} 2\text{h}^{-1}$ ) Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	22
<b>Çizelge 4. 2</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Asit Fosfataz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri ( $\mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$ ) .....	23
<b>Çizelge 4. 3</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri ( $\mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$ ) .....	24
<b>Çizelge 4. 4</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın $\text{CO}_2$ Üretimi Değerleri Üzerine Etkileri ( $\text{mg CO}_2/100 \text{ g}^{-1} \text{ gün}^{-1}$ ) .....	25
<b>Çizelge 4. 5</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Mikrobiyal Biyomas-C Değerleri Üzerine Etkileri ( $\text{mg biyomas-C } 100 \text{ g.k.t}^{-1}$ ) .....	25
<b>Çizelge 4. 6</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Organik Madde İçeriği (%) Üzerine Etkileri.....	27
<b>Çizelge 4. 7</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Ca İçeriği üzerine Etkileri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	27
<b>Çizelge 4. 8</b> Biyokömür Uygulamalarının Bitkiye Yararışlı Fosfor (P) İçeriği Üzerine Etkileri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	28
<b>Çizelge 4. 9</b> Biyokömür Uygulamalarının Ekstrakte Edilebilir Potasyum (K) İçeriği Üzerine Etkileri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	29
<b>Çizelge 4. 10</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Zn İçeriği Üzerine Etkileri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	29
<b>Çizelge 4. 11</b> Biyokömürün Toprağın Cu İçeriği Üzerine Etkileri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	30
<b>Çizelge 4. 12</b> Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Fe İçeriği Üzerine Etkileri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	30
<b>Çizelge 4. 13</b> Biyokömür Uygulamalarının pH Üzerine Etkileri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) .....	31

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>C</b>	: Karbon
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbon Di Oksit
<b>°C</b>	: Derece Santigrat
<b>KDK</b>	: Katyon Değişim Kapasitesi
<b>g</b>	: Gram
<b>mg</b>	: Miligram
<b>N</b>	: Azot
<b>P</b>	: Fosfor
<b>K</b>	: Potasyum
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>Zn</b>	: Çinko
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>Se</b>	: Selenyum
<b>S</b>	: Kükürt
<b>Fe</b>	: Demir
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>Mn</b>	: Mangan
<b>BC</b>	: Black Carbon
<b>SK</b>	: Siyah Karbon
<b>NH<sub>3</sub></b>	: Amonyak
<b>NO<sub>3</sub></b>	: Nitrat
<b>da</b>	: Dekar
<b>ha</b>	: Hektar
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan
<b>nm</b>	: Nanometre

---

## EKLER LİSTESİ

<b>EK 1</b> Fındıkkabğu.....	39
<b>EK 2</b> Fındıkkabuğunun Piroliz İşlemi Sonrası Biyokömüre Dönmüş Hali.....	40

## 1. GİRİŞ

Biyokütlenin oksijenin sınırlı olduğu bir ortamda termo kimyasal dönüşümü işlemi ile elde edilen karbon bakımından zengin katı materyaller biyokömür olarak tanımlanmaktadır. Biyokömürün toprak verimliliği ve bitki gelişimi üzerine etkisi, biyokömürün ve uygulanan toprağın özellikleri, uygulama dozu ve uygulanan ürünün isteklerinin karşılıklı etkileşimleri tarafından belirlenmektedir. Ancak, biyokömürün yüksek pH'sı, toprak reaksiyonuna asidik karşıtı katkısı, gözenekli yapısı ve yüksek yüzey yükü nedeni ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine doğrudan veya dolaylı yollarla etki ettiğini rapor eden çok sayıda araştırma yayınlanmıştır. Bunlara ilaveten biyokömürün yüksek yük yoğunluğu ve yüzey alanı ile fitotoksik organik molekülleri adsorbe edebilmesi ve toprak kökenli patojenleri baskılaması da bitkisel üretimdeki olumlu etkileri arasında sayılabilir (Lehmann ve ark., 2003).

Biyokütlenin yüksek sıcaklıkta ve oksijensiz ortamda ısıtılması (pirolizi) ile elde edilen biyokömür, bozulmaya karşı dirençli olan yapısı, yüksek spesifik yüzey alanı ve negatif yüzey yükü gibi özellikleri nedeni ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirebilecek ve bitkisel üretimin verimliliğini arttırmaya yönelik bir katkı maddesi olarak düşünülmektedir (Madari ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2017). Biyokömürün ılıman bölgelerde ve tropikal ekosistemlerde toprak kalitesini ve ürün verimliliğini arttırdığına dair raporlar yayınlanmaktadır (Güereña ve ark., 2013). Biyokömürün toprağın verimliliğini arttırmak üzere kullanımına ait ilk bulgular ise Amazonlarda keşfedilen *Terra Preta de Indio* toprakları üzerinde yapılan çalışmalara dayanmaktadır. *Terra Pretalar* kilometrelerce uzunluktaki koyu renkli ve verimli topraklardır (Kammann ve ark., 2017).

Global ölçekte bir meta analiz yapan Jeffrey ve ark., (2017) biyokömürün ılıman iklimlerde verim artışına hemen hemen hiçbir etkisinin olmadığını ancak tropik iklime sahip bölgelerde ortalama %25 oranında verim artışı sağladığını belirtmişlerdir. Tropik bölgelerdeki toprakların pH'larının düşük olması (medyan pH = 5.7) ve yüksek ayrışma ile birlikte verimlilik seviyelerinin düşük olması yüksek pH'ya sahip biyokömürün (medyan pH=9.0) uygulamalarına olumlu tepki vermelerinin gerekçesi olarak açıklanmıştır. Yağışlı iklim topraklarında, yüksek asidik reaksiyonunun

biyokömürün daha elverişli bir ortam bulduğuna işaret etmektedir. Bunun aksine daha yüksek pH'ya (medyan pH = 6.9) sahip olan ılıman bölge topraklarının doğal olarak daha verimli olmalarının yanında yüksek miktarda gübreleme yapılıyor olmasının biyokömürün yaptığı katkıyı gölgelediğini düşündürmektedir (Jeffery ve ark., 2017). Biyokömürün toprağın verimliliği üzerine olan etkisi, toprakta yarayırlı besin elementlerinin miktarı, yarayırlılığı (Lehmann ve ark., 2003) ve biyokimyasal özelliklere olan (Luo ve Gu, 2016) etkisi ile ilişkilidir. İlave edilen biyokömür özelliklerine de bağlı olmakla birlikte, toprakta su ve besin elementi tutumu veya mikrobiyal aktivite gibi özelliklere biyokömürün doğrudan etki ettiği düşünülmektedir (Atkinson ve ark., 2010; Lehmann ve ark., 2011).

Dünya nüfus oranının gün geçtikçe artması, insanların besin kaynaklarına yönelim durumunu önemli hale getirmiştir. Devamlı olarak artış gösteren nüfus ile birlikte tarım arazilerinin küçülmesi olumsuz çevre şartları tarımsal verimi günden güne düşürmektedir. Beslenme konusunda temel besin ihtiyacının karşılanabilmesi için tarımsal verimin artırılması gerekmektedir (Howell ve ark., 2001). Doğa ile uyumlu çalışan organik karakterli materyallerin tarım uygulamalarında yerini alması artık çok elzem bir hal almıştır. Kimyasal gübre uygulamaları kuşkusuz verim artırıcı rol oynasada, özellikle doğaya verilen tahribat karşısında organik karakterli materyal kullanımı kontrollü bir biçimde artırılmalıdır. Sürdürülebilirlik açısından biyokömür kullanımı uzun vadede başarılı sonuçlar ortaya koymuştur.

Dünyanın çoğu yerinde yetiştirilebilen ve çok fazla türü bulunan buğday, insan ve hayvan beslenmesiyle doğrudan doğruya etkili olmaktadır. Buğdayın genel olarak depolanabilme özelliğine sahip olması, üretiminin kolay olması, her iklimde yetişebilme özelliğinde olması ve çoğu yörede ekmeğin ham maddesini oluşturması nedeniyle tarımsal anlamda önemli olarak kabul edilmektedir. Tüm bu özelliklerin yanında insanların protein kaynaklarının yarısından çoğunu sağlaması, her gelir sınıfının beslenme düzenine dahil olması, dünya genelinde besleyici özellikte olması buğdayın önemini arttırmaktadır (Dhanda ve ark., 2004).

Buğday insanoğlunun temel besin kaynaklarında olup özellikle gelişmekte olan ülkelerde günlük besin ihtiyacının çok büyü bir kısmını karşılamaktadır. Giderek artan dünya nüfusu karşısında verimliliği artırılması ve sürdürülebilir olması son derece

önemlidir. Bunun için birçok uygulama araçları kullanılsa da bunların başına gübreleme geldiği aşikârdır. Ancak, son yıllarda gübrelemeden başka uygun olmayan toprak koşullarının düzeltilmesi yoluyla verimliliğin artırılması ve sürdürülebilir olması sağlanmaya çalışılmaktadır. Literatür bilgilerine göre toprakların uygun olmayan koşullarının düzeltilmesi ve verimliliğin artırılmasında biyokömür uygulamalarıyla ilgili bilgi birikimine fazlaca rastlanılmaktadır. Biyokömürün toprağın verimliliği üzerine olan etkisi, toprakta yarayışlı besin elementlerinin miktarı, yarayışlılığı (Lehmann ve ark., 2003) ve biyokimyasal özelliklere olan (Luo ve Gu, 2016) etkisi ile ilişkilidir. İlave edilen biyokömür özelliklerine de bağlı olmakla birlikte, toprakta su ve besin elementi tutumu veya mikrobiyal aktivite gibi özelliklere biyokömürün doğrudan etki ettiği düşünülmektedir (Atkinson ve ark., 2010; Lehmann ve ark., 2011). Biyokömürün toprak verimliliğinin ve toprakların organik madde içeriğinin iyileştirilmesi yanı sıra, ağır metallerin topraktan uzaklaştırılması konusunda da yardımcı bir materyal olma özelliği bulunmaktadır (Ni ve ark., 2006; Lehmann, 2007). Bunlardan başka uygun olmayan toprak koşullarının iyileştirilmesi sonucunda topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin de olumlu olarak etkilendiğine yönelik bilgi birikimi bulunmaktadır.

Kimyasal gübrelemenin organik tarımda ki karşılığı tabiki organik gübrelemedir. Burada gerek toprak kalitesinin artırılması ve bunun verime yansıtılması için bazı toprak düzenleyicileri elzemdir. Kuşkusuz kimyasal katkıları kullanılabilir. Lakin organik karakterli bir tarımsal atık olan fındıkkabuğundan biyokömür elde etmek ve uygulamak maliyet, kar analizleri yapıldığında daha üstün bir sonuç ile karşımıza çıkmaktadır. Biyokömürün toprak verimliliğinin ve toprakların organik madde içeriğinin iyileştirilmesi yanı sıra, ağır metallerin topraktan uzaklaştırılması konusunda da yardımcı bir materyal olma özelliği bulunmaktadır (Ni ve ark., 2006; Lehmann, 2007).

Heterotrof yaşamlı mikroorganizmaların mineralizasyon ile organik formdaki bitki besin elementlerinin inorganik forma yani bitkilerin alabileceği forma dönüştürülerek toprak verimliliği için katkıda bulunmaları beklenmektedir. Geniş C/N oranı nedeniyle organik maddelerin zor ayrışmasını önlemek açısından de gerekli ölçüde topraklara mineral madde verilmesi, C/N oranının dengelenmesi açısından son derece önem taşımaktadır. Toprağın mikrobiyal aktivitesinin ölçülmesinde en iyi ve emin

yollarından biri de toprakta meydana gelen CO<sub>2</sub> miktarı ve hızının ölçülmesidir. CO<sub>2</sub> değerleri toprak organizmalarının büyük bir kısmını oluşturan heterotrof organizmaların metabolik faaliyetlerinin bir ürünüdür. Mikroorganizma gruplarının sayısal değerleri ve bunlardan hareketle varılan neticelerin haricinde, topraktaki C ve N mineralizasyon değerlerinin saptanması, toprak verimliliğinin ortaya konması açısından büyük önem taşır (Çengel, 2004).

Bu çalışmada geniş C/N oranına sahip biyokömürün farklı dozlarda uygulaması ile farklı tekstüre sahip iki farklı toprakta C/N oranının daraltılarak toprak enzimleri, karbon mineralizasyonu, mikrobiyal biyomas ve diğer toprak özellikleri ile ilişkisi incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Biyokömür kelimesi doğada hem canlı hem de odun kömürü kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır (Bio: canlı, Char: Odun kömürü). Biyokömürün görüntüsü genel olarak odun kömürüne benzemektedir, ancak yapı olarak maden kömüründen farklılık göstermektedir (Zhang ve ark., 2017).

Biyokömür, oksijenin son derece az olduğu şartlar altında karbon (C) oranlı ham preparattan piroliz işleminden geçtikten sonra üretimi gerçekleşen kömürleşmiş bir organik yapı olarak ifade edilmektedir. Biyokömür toprakta karbon miktarının tutulması ve toprak pH sınırın yükseltilmesi için üretilmektedir. Biyokömür ve biyokömür gibi doğal olan toprak düzenleyicileri toprağın verimini arttırmada görev yapmaktadır. Piroliz, kavramı ise belli oksijensiz şartlarda ham materyallerin belli işlemlerden geçirilerek kimyasal yapılarına ayrılması işlemini kapsamaktadır. Yunanca da manası “pyro” ateş “lysis” ayrışma veya meydana gelen parçacıkların değişim geçirmesi olarak ifade edilmektedir. Piroliz genel olarak 300-1000 °C aralığında kendi kendine oluşmaktadır (Demirbaş ve ark., 2014).

Biyokömür birçok organik karakterli materyalin aksine kararlı karbon özellikleri olan bir üründür. Kararlı karbonlar genel olarak toprakta uzun süre kalabilen, mikroskobik canlılara ve oksidasyonlara dayanıklı olan yapılardır. Kararlı karbonlar, toprakta birkaç yıl içerisinde yok olup atmosfere karbondioksit olarak karışmaktadır. Biyokömürün içeriğinde yer alan kül bitkilere genel olarak besin maddesi sağlamak ve toprak pH'ını yükseltmektedir. Genel olarak en iyi biyokömür kararlı karbon seviyesi yüksek olan biyokömürdür. Bunun sebebi kararlı karbonların toprak içerisinde çok uzun yıllar kalabiliyor olmasındandır (Kammann ve ark., 2017). Toprakta uzun yıllar kalabilen kararlı yapıda bir biyokömür materyali toprağa daha uzun süre verimli amacıyla hizmet eder. Biyokömür gözenekli yapısı ile içerisinde toprak ve bitkinin faydasına çok çeşitli unsurlar barındırır. Bu yapıya bakteri, mantar ve birçok mikroorganizma tutunur. Ayrıca bitki besin maddelerinin bünyesinde tutunmasını sağlar. Böylece yıkanma ile rizosfer bölgesinden bu unsurların uzaklaşmasının önüne geçilmiş olunur. Yine su tutma kapasitesinin yüksek olması bitki için ayrıca önem ihtiva eden bir durumdur. Biyokömür organik besin maddeleri veya kimyasal gübreler ile desteklendiğinde toprağın rizosfer bölgesindeki verimliliği



arttırmaktadır. Buna ilave olarak biyokömür biyolojik çeşitliliği arttıran ve mikrobiyolojik faaliyetleride buna bağlı olarak artıracak potansiyel bir aktif karbon kaynağıdır (Fowles, 2007; Larson, 2007; Lehmann ve ark., 2008).

Biyokömürün kimyasal yapısı sabit karbon, değişiklik gösterebilen karbon ve kül bileşenlerini kapsamaktadır. Fazla sıcaklıkta oluşan biyokömürün toprakta karbon tutulma değeri düşük sıcaklıkta oluşan biyokömürden daha fazladır. Biyokömürün kalite parametrelerinden biride nem durumudur. Nemi düşük biyokömür materyali yüksek nemli biyokömüre göre toprakta daha uzun görev yapar. Genellikle tarımsal alanda uygulaması yapılan biyokömürün özelliklerini ve kalitesini tespit edebilmek için: pH, uçucu bileşiğin kapsamı, kül yapısı ve içerisinde bulunan bileşenler, hacmi, su tutma kapasitesi ve genel olarak etki durumu göz önüne alınmaktadır.

Biyokömür immobil metallerin yapılarına ve işleyişlerine belli etkiler gösterebilmektedir. Biyokömür toprakta iyileştirici ajan olarak kullanıldığında toprak pH' sını yükselterek metallerin hareket durumunu düşürmektedir. Biyokömür toprağa uygulandığı zaman toprak kompleks yapısında negatif yüklerin oranını arttırmaktadır. Böylelikle, topraktaki anyon katyon dengesini sağlayarak toprağın daha verimli hale gelmesini sağlamaktadır. Biyokömür uygulaması için genellikle kararlı yapıda karbonlar kullanılmaktadır (Atkinson ve ark., 2010).

Biyokömür içeriği incelendiğinde biyokömürün kimyasal ve fiziksel niteliklerine bakılarak o materyalin toprak üzerindeki etkisi, taşınımı, depolanması ve özel kullanım koşulları hakkında da fikir sahibi olunur. Genel olarak biyokömür fiziksel ve kimyasal özellikleri büyük önem taşımaktadır. Biyokömürün genel olarak pH sı nötr ya da bazik yapıdadır. Elementel meydana gelişi ve o zaman aralığında ürünleri esasen piroliz sıcaklığına ve kalma zaman aralığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Piroliz sıcaklık durumu 300 °C' den 800 °C' ye yükseltildiğinde biyokömür ürünleri %67' den %26 oranına kadar düşmekte ve karbon oranı ise %56' dan %93 oranı kadar yükselmektedir (Madari ve ark., 2017).

Biyokömür genel olarak gözenekli bir yapıya sahiptir. Bu durum biyokömürün toprakta su tutma kapasitesini arttırdığı ve absorpsiyon yeteneğini yükselttiği bilinmektedir. Biyokömürün kimyasal yapısı heterojendir ve meydana gelme sıcaklığı genel olarak biyokömürün yüzey alanını etki altına almaktadır. Ayrıca biyokömür,

killerde ve organik maddede olduğu gibi negatif yüklere sahip olan yüzey alanlarına sahiptirler ve bu özellik onların katyonları değişebilir formda tutmalarına sebep olmaktadır. Biyokömür dış yüzey alanı iç yüzey alanından 7 kat daha fazla olup, daha fazla yüzey alanı ile toprakta katyon değişim kapasitesini (KDK) yükseltmektedir (Luo ve Guo., 2016).

Çeşitli preparatlardan farklı yöntemler kullanarak meydana gelen biyokömürün tarımla ilgili çok fazla pozitif etkisi olduğu ve biyokömürün tarımda verimi arttırmak için kullanılabileceği yönünde ulusal ve uluslararası düzeyde birçok çalışma bulunmaktadır. Biyokömürün verimi artırma noktasında diğer kimyasal ajanlardan farkı doğal yollarla elde ediliyor olmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde genel olarak toprağa biyokömür uygulanmasının pozitif olarak karşılandığı gözlenmektedir. Biyokömürün toprak üzerinde meydana getirdiği etkiler; toprağın su tutma kapasitesini arttırdığı, toprak pH değerini yükselttiği, toprağın karbon tutma kapasitesini arttırdığı, bitki besin elementlerinin çeşitli etkiler ile yıkanmasını önlediği ve son olarak toprağın biyolojik fonksiyonlarını yükselttiği gözlemlenmiştir. Tropikal bölgelerde fazla miktarda biyokömür uygulaması ile fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), çinko (Zn) ve bakır (Cu)'nun bitkilerin alım oranını arttırmıştır. Kimyasal gübrelerin tam tersi olarak selenyum (Se) gibi yararlı elementleri kapsayan biyokömürün tarım bölgelerine uygulanmasıyla beraber bitki gelişimini yükseltici bir etkisi de gözlemlenmektedir (Naeem ve ark., 2018).

Günümüzde küresel ısınmanın da etkisiyle, tarım alanları gün geçtikçe verimsiz hale gelmektedir. Asit yağmurları, sera etkisi, afetler, yanlış tarım teknikleri, fazla miktarda kimyasal ilaç kullanımı ve kimyasal atıklar günden güne toprağı verimsizleştirmektedir. Kuşkusuz küresel ısınma ve iklim değişikliği tarım topraklarını hiç olmadığı kadar çok olumsuz bir şekilde tehdit etmeye başlamıştır. Bu durum topraktaki ağır metal, toksik madde oranlarını arttırmakta ve toprağın içerisindeki biyolojik aktiviteleri olumsuz etkilemektedir. Bu durumda araştırmacılar toprağın verimini arttırmak için doğal etmenlerden yararlanma ihtiyacı hissetmektedirler. Bundan dolayı biyokömürün genel özelliklerini tayin etmek ve toprak üzerindeki etkisini belirleme noktasında deneysel araştırmalar yapmışlardır. Çalışma sonucunda biyokömürün tarımda verimi artırma noktasında pozitif etki gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır (Jefrey ve ark., 2017).

Biyokömür özellikleri elde edilme aşamasındaki kullanılan ham materyallere ve piroliz işlem koşullarına bağlıdır. Biyokömürün kimyasal bileşimi oldukça heterojendir. Hem stabil hem de kararsız bileşenler içermektedir. Biyokömürün kimyasal bileşimi stabil C, değişebilen C ve kül bileşenlerinden meydana gelmektedir. Bu etkenlerin biyokömür içinde bulunma durumları pirolizin sıcaklığına zamanına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Aynı zamanda biyokömür üretiminde kullanılan organik maddelerin ne olduğu ile de ilgili olmaktadır. Biyokömür üretimindeki kullanılan organik maddelerin farklı olması, farklı yöntemlerin kullanılması ve farklı sürede meydana gelmesinden dolayı fiziksel yapısı ve içeriği bakımından birbirinin aynısı olması beklenmemektedir. Bundan dolayı toprakta etkisinin negatif ya da pozitif olması bakımından biyokömürün içeriği büyük önem taşımaktadır (Tian, 2018).

Yapılan çalışmalarda biyokömürlü toprağın su tutma kapasitesinin %11 oranında arttığı tespit edilmektedir. Aynı zamanda biyokömürlü toprağın bitki besin elementlerini tutma yeteneklerinin fazla olduğu görülmektedir (Chaudhary ve ark., 2017).

Toprağın su tutma kapasitesi çok önemlidir. Bunun nedeni toprak bitkiye yeterince su sağlayamazsa bitki strese girmektedir. Bitkinin strese girmesi durumunda bitki büyümesi inhibisyona uğramakta ve bitki ölümleri gerçekleşmektedir. Toprağın su tutma kapasiteleri düşük olduğunda genel olarak tarım alanlarında çöllenmeler meydana gelebilir. Bu bakımdan tarım alanlarında biyokömürün kullanılması gerekli olmaktadır. Su tutma kapasitesi düşük olan topraklarda bitki besin elementleri de yıkanma yoluyla toprağı terk etmektedir. Yeterli miktarda element bulunmayan toprak verimsiz bir hal almaktadır. Bu bakımdan tarımcılar toprağı daha verimli hale getirmek için gübreler kullanmaktadırlar. Biyokömür doğal bir yapıda olduğundan dolayı genel özellikleri sebebiyle tarımda kullanılması söz konusu olabilmektedir (Demirbaş ve ark., 2014).

*Terra Preta* toprağı organik madde bakımından oldukça zengin bir yapıdadır. Bunun temel nedeni içerisinde biyokömür oranının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu toprakların katyon tutma yeteneklerinin fazla olması tamamen içeriğinde organik madde miktarlarının fazla olması ile ilişkilidir. Aynı zamanda katyon değişim

kapasitesi ve organik madde miktarı paralel olarak artış göstermektedir (Glaser ve ark., 2001).

*Terra preta* toprak tipinde fazla miktarda organik madde bulunmasının diğer bir nedeni ise biyokömür sebebiyle geniş yüzey alanına sahip olmasından ileri gelmektedir. Bu topraktaki organik madde toprakta bulunan BC (Black carbon-Siyah Karbon) yapısına tutunmaktadır. Siyah karbon yapısının yüzey alanında bir oksitlenme ve yüzeyine tutunan organik maddeler sonucunda toprağın katyon değişim kapasitesi de artmaktadır. Başka bir çalışmada ise biyokömürün toprakta bulunan agregatların meydana gelmesine destek sağlayarak organik madde miktarını arttırdığı ifade edilmektedir (Glaser ve ark., 2001).

Genel olarak tarımsal arazilerde toprağın kalitesi birincil unsurdur. Bunun için toprağın doğal yapısında organik madde miktarının fazla olması gerekmektedir. Tarımcılar topraktaki organik madde miktarını yükselterek daha fazla verim elde etmek için çeşitli ilaçlar kullanmaktadırlar. Bilinçsiz kullanılan ilaçlar tarımda deformasyonlara neden olmakta toprağın kalitesini düşürmektedir. Doğal kömür olarak ifade edilen biyokömürün tarımsal alanda organik madde miktarını artırıcı yönde etkisi olduğu ve içeriğinde karbonun oldukça fazla olduğu yapılan çalışmalar sonucunda rapor edilmiştir (Luo ve Guo., 2016).

Modern tarımda birim alandan daha yüksek miktarda ürün alabilmenin en önemli şartlarından biri bitkinin gereksinim duyduğu besin elementlerinin gübre şeklinde ilave edilmesidir. Gübre uygulaması ile gübreleme yapılmayan koşullara kıyasla %30 ile %50 arasında verim artışı sağlamak mümkün olsa da organik madde ilavesi olmadan kimyasal gübrelere uzun süre olan bağımlılık gübre kullanım etkinliğinin düşmesine ve çevre kirliliği sorunlarına neden olmaktadır (Chaudhary ve ark., 2017).

Tarım arazilerinde uygulanan azotlu gübrelerin önemli bir kısmının yüzey akışı, NH<sub>3</sub> şeklinde volatilizasyonu, NO<sub>3</sub> şeklinde yıkanması nedeni ile bitkisel üretimde kullanılmadığı, yüzey ve yüzey altı sularında kirlenmeye neden olduğu bildirilmiştir (Tian ve ark., 2018). Bu nedenle, sürdürülebilir tarımsal üretim yapabilmek için toprağın organik maddesi ile temel besin elementlerinin biyolojik döngüsünü uygun bir seviyede tutmak çok önemlidir. Literatürde kompost, hayvan gübresi ve yeşil gübreleme gibi birçok uygulamanın mikroorganizma faaliyetlerini arttırdığı ve

yetiştirilen ürünlerin besin gereksinimlerinin önemli bir kısmını karşıladıklarına dair araştırma raporlarına rastlamak mümkündür. Fakat eklenen organik unsurlar toprakta çok hızlı ayrıştıklarından dolayı bu katkı maddelerinin ömürleri çoğunlukla son derece kısadır (Naeem ve ark., 2018).

Tarımsal alanda ciddi verimlilik performansı gösteren Amazon kara toprağı yapısında çok fazla mikroorganizma bulundurmaktadır. Özellikle iklim ve toprak özellikleri incelendiğinde rizosfer tabakasından başlayarak toprak içerisindeki yaşam için ideal bir yaşam alanı sunmaktadır. Bitki için topraktaki mikroorganizma sayısı biyolojik aktivite için oldukça önemli bir durumdur. Ancak Amazon kara toprağını bir yerden başka bir yere taşıma durumu ile mikroorganizma popülasyonunu devam ettirmek mümkün değildir. Biyokömürün yapı itibari ile rizosferdeki mikrobiyal aktiviteyi arttırdığı bilinmektedir. Çok fazla deforme olmuş, pH değeri düşük topraklara biyokömür uygulaması sonrası biyokütlenin arttığı bilinmektedir (Zhan ve ark., 2017).

Rizosferdeki mikroorganizmalar bitki gelişimine pozitif yönde etki eder. CO<sub>2</sub> üretimi bize bunu göstermiştir. Bitkinin biyolojik aktivitelerini yerine getirmesini sağlar. Biyokömür uygulanmış toprakta mikroorganizmaların fazla olması da doğru orantılı olarak toprak verimini arttırmaktadır. Yapılan birçok çalışma ile toprak rizosferinde biyokömürün mikroorganizma aktivitesini artırıcı etkisini kanıtlamıştır (Atkinson ve ark., 2010).

Toprakta mikrobiyal aktivite tarımsal verimlilikte çok büyük bir öneme sahiptir. Bitkilerin gerekli gördüğü karbon (C), azot (N), fosfor (P), kükürt (S), demir (Fe), magnezyum (Mg) gibi elementler; mikroorganizmalar aracılığı ile farklı ayırım ve reaksiyon zaman aralıklarının sonucunda onlar için yararlı hale gelmektedir. Mikroorganizmalar bunun gibi olayları esasında kendi besin ve enerji ihtiyaçlarını giderme noktasında meydana getirmektedirler. İstemsiz bir şekilde toprakta oluşturdukları maddeleri bitkiler besin maddesi olarak kullanmaktadırlar. Örnek olarak azot fiksasyonu, bitkilerin almasının olanaksız olduğu havadaki serbest azotu tutarak bitkilerin kullanabileceği besin haline getirmektedir. Bitkilerin ve hayvanların humuslarını parçalama yolu ile tutulan karbonu karbondioksit şeklinde açığa çıkarmanın yanı sıra toprakta birtakım elementlerde serbest kalır (Hale ve ark., 2012).

Toprakta meydana gelen mikrobiyal aktivite sonucunda bitki ve hayvan kalıntıları ayrışmaktadır. Humusun meydana gelmesi ve dönüşümünü oluşturmanın yanı sıra bitki özümlemesi için gereken karbondioksiti oluşturmaktadır. Mikroorganizmalar toprak içerisinde suda çözünebilen bitki besin maddelerini depolamaktadırlar ve mineral şeklinde humusa transfer ederler, bitkinin büyüüp gelişmesini sağlayan vitamin ve hormonların oluşmasında görev almaktadır. Mikroorganizmalar genel olarak besinlerin iyon konsantrasyonlarının düzenlenmesine olanak sağlar aynı zamanda topraktaki bitki besin elementlerinin tutulmasında görev yapmaktadır. Birçok kaynakta mikroorganizmaların toprağın havalandırılmasında etkisi olduğu rapor edilmektedir. Mikroorganizmalar aracılığı ile toprak parçacıkları birbirine bağlanıp partikül haline gelmektedir. Bu partikül oluşumu hem erozyon olaylarını engellemekte hem de toprak neminin korunmasına etki etmektedir (Budi, 2013).

Toprakta yer alan mikroskobik ve makroskobik canlı grupları, toprakta verimlilik düzeylerini arttırmanın yanı sıra bitkilerin gelişimlerinde de önemli bir rol oynamaktadır. Son olarak toprak tanelerini bir araya getirip kümeleştirerek toprağın tava gelmesine sebep olmakta, yağın yağışların yüzey akışına geçmeden toprağa girmesine ve depolanmasını sağlamaktadır. Mikroorganizmalar vasıtasıyla toprakta meydana gelen bu olumlu etkilerin olabilmesi toprak yapısına, toprakta meydana gelen mikrobiyal aktiviteye ve mikroorganizmaların miktarına, türüne göre değişiklik göstermektedir (Ateş, 2001).

Toprak yapısında mikrobiyal aktivitenin gerçekleşmesini sağlayan mikroorganizmaların yanı sıra makroskobik canlılarda mevcuttur. Bu canlıların aktivitesi ve canlı kalma durumu genel olarak çevresel etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Toprak yapısı içerisinde kendi besinini kendisi üreten üreticiler var olduğu gibi, ayrıştırma görevi olan tüketicilerde mevcuttur. Ancak üretici ya da tüketici olsa da mikroorganizmalar toprak yapısını besler, bitkilerin gelişmelerinde ve beslenmelerinde kaynak meydana getirmektedir (Day ve ark., 2004).

Tarım çalışanları topraktan fazla verim elde edebilmek için mikroorganizma oranı fazla olan toprakları tercih etmektedir. Biyokömür olan topraklarda mikroorganizma sayısı fazla olduğu için verim oranı da yüksektir. Literatür taramaları incelendiğinde biyokömürün topraktaki olumlu etkisi ile ilgili çok fazla çalışma yer almaktadır.

Rizosferdeki mikroorganizmalara biyokömürün olumlu etkilerine de çeşitli çalışmalarda yer verilmiştir. Kısaca mikrobiyal aktivite toprak verimliliği için olmazsa olmaz bir olaydır ve mikrobiyal aktivitenin meydana gelmesi için toprakta fazla oranda mikroorganizma bulunması gerekmektedir. Biyokömürlü topraklarda ise mikroorganizma sayısı fazla olduğundan dolayı mikrobiyal aktivite oranı ve verim düzeyi yüksektir (Asai ve ark., 2009).

Biyokömür, bitkiler için besin maddesi oluşturarak ve bu besin elementlerini toprak içerisinde tutarak, toprağın çevresel etmenlere ve kimyasal olaylara karşı direncini geliştirerek bitki büyümesine imkân sağlayan bir toprak düzenleyicisi olarak ifade edilmektedir. Biyokömürün topraktaki aktivitesi ve çimlenme üzerindeki etkisi ile ilgili çok fazla çalışma yapılmıştır. Bunların yanı sıra belli oranlarda (100 t/ha) kullanılması halinde biyokömürün olumsuz etki gösterdiği de rapor edilmiştir (Solaiman ve ark., 2012).

Literatürde biyokömür ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, biyokömür ile ilgili yapılan bir çalışma da dört yıl süren bir tarla denemesi sonucunda biyokömür uygulaması yapılan mısır tarlasında verimin arttığı kaydedilmiştir (Major ve ark., 2010). Biyokömür ile ilgili başka bir araştırma da ise Avusturyalı bir şirket olan Best Energies ve çevre konulu bir çalışmada çalışan bir kurumun CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) ortak çalışmaları sonucunda ekin verimi konusunda ortaya koyduğu fark gözle görülebilir düzeydedir.

Bitkiler gelişim süreçleri boyunca fotosentez yaparak biyokütlelerine kazandırdıkları karbonu, çevre olayları sonrasında atmosfere verirler. Bitki türevli yakıtları örneğin bir odunu enerji kazanmak için yakmak, atmosferden alınan karbonu yine atmosfere salmaktır. Doğada herşey bir döngü halindedir. Karbon nötr yakıtlar fosil yakıtlara nazaran çevre için daha olumludur. Bunun nedeni fosil yakıtlar bu döngünün bir parçası değildir. Fosiller yakıldıkları zaman atmosfere fazladan azot salınır bu da küresel ısınma olaylarının birincil etkeni olarak ifade edilmektedir. Tarım için kullanılan biyokömürün büyük bir kısmı parçalanmadan toprak içinde kalmaktadır. Bu niteliği sebebiyle biyokömür uygulaması karbon negatiftir (Budi, 2013).

Biyokömür uygulaması yapılan topraklarda mikroorganizma miktarının bol olması ve bitki besin elementlerinin tutulması gibi özelliklerden dolayı çimlenme ve bitki

gelişimine olumlu etkileri söz konusu olmaktadır. Biyokömür verilen toprakta biyokömürün, bitkinin büyümesine ve tarımsal verim etkinliklerine; ürün türü, biyokömür konsantrasyon oranları, biyokömürün nitelikleri ile bitkiyi yetiştirme şartları, edafik (toprağın bitki ve hayvan üzerindeki genel etkisi) etkenler, tarımsal uygulamalarda kullanılan yöntemler, herbisitler ve incelenme zaman aralığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Jeffery ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2012).

Biyokömürün türü, üretim şartları, uygulanan toprağın nitelikleri ve deneylerin yürütüldüğü ortam koşullarına bağlı olarak biyokömür uygulamasının bitkinin çimlenmeye olan olumlu etkisine ve bitki gelişimi teşvik edici etkisinin olduğuna dair literatür taramalarında birçok çalışma mevcuttur (Chan ve ark., 2007; Asai ve ark., 2009; Lin ve ark., 2015; Liu ve ark., 2017). Aksine biyokömürün bitkinin çimlenmesi ve gelişimi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, (Nelissen ve ark., 2015; Subedi ve ark., 2016; Hansen ve ark., 2017) ve bitkinin gelişiminde negatif (Gaskin ve ark., 2010; Lin ve ark., 2015; Nelissen ve ark., 2015) etkilerinin olduğunu ifade eden çalışmalar biyokömür ile ilgili yapılan literatür taramalarında yer almaktadır. Tüm bunlara ek olarak, biyokömürün topraktaki fitotoksik organik molekülleri adsorbe etme özellikleri (Oleszczuk ve ark., 2012) ve toprak kökenli patojenleri baskı altına alması (Eo ve ark., 2018) da bitki gelişimi konusunda olumlu etkisini göstermektedir.

Lin ve ark., (2015) tınlı bir toprağa uygulama yapılan 16 mg ha<sup>-1</sup> mısır bitkisi biyokömürünün buğday verimini güçlendirdiğini rapor ederken, buna benzer bir çalışmada soya fasulyesi gelişiminde biyokömürün herhangi bir etkisi gözlemlenmemiştir. Çin'in İç Moğolistan bölgesinde Kubuqi ve Pakistan'ın Thar Çöllerinde kumlu topraklara çam talaşının 400 °C'de pirolizi sonucu oluşan biyokömürleri uygulamasını yapan Laghari ve ark. (2015), çöl topraklarında su tutma kapasite oranlarının arttığı, hidrolik iletkenlik özelliklerinde düşüşün gözlemlendiği, toplam Karbon (C), Potasyum (K), Fosfor (P) ve Kalsiyum (Ca) konsantrasyon oranlarının yükseldiği ve pH'ın gözle görülebilir seviyede azalım gösterdiği ifade edilmiştir. Toprak niteliklerindeki bu iyileşme durumunun sorgumun kuru madde oranında Kubuqi'de %18 ve Thar çölü topraklarında %22 seviyesinde yükselme meydana getirdiğini bildirmişlerdir.



Biyokömür eklenen topraklarda çimlenme ve bitki gelişimini arttırması, besin elementlerinin toprakta tutulması ve kullanım kolaylığı, toprağın mikrobiyal ve kimyasal niteliklerindeki olumlu etkisinin yanı sıra besin elementlerinin topraktan uzaklaştırılmasının engellenmesiyle gözlenen sonuçlar arasındadır (Gul ve ark., 2015).

Lehmann ve ark., (2003)'da biyokömür uygulaması yaptıkları denemede bitki verimliliklerini incelemişlerdir. Çalışma neticesinde biyokömürün bitki verimliliğini arttırmasının temel nedeninin; biyokömürün bitki besin elementlerinin toprakta tutulması ve yıkanma seviyelerinin azalması şeklinde ifade etmişlerdir verimlilik üzerine etkisini biyokömürün yüksek su ve besin elementi tutma yeteneği nedeni ile Yeni Zellanda'da okalıptus, söğüt bitkileri taze çam mısır koçanı, ve ile oluşturulan 550 °C'de üretimi gerçekleştirilen biyokömürler, ince kumlu ve ince tınlı iki tekstüre sahip toprakta mısırın çimlenmesine biyokömürün etkisini incelemek için kullanılmıştır (Free ve ark., 2010). Deneme sonucunda 20 cm derinliği olan toprakta 0, 2.5, 5.0 ve 10 ton ha<sup>-1</sup> seviyesinde biyokömür uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, çeşitli biyokömürlerin ve konsantrasyonlarının mısır tohumunun çimlenmesine kontrole oranla daha yüksek seviyede etkisinin olduğunu gözlemlenmiş ve biyokömürün toprakta karbonu depoladığı ve bu durumun toprağın kalitesini arttırdığı bildirilmiştir.

Biyokömür uygulaması yapılmış topraktan 3 yıl boyunca gözlenen N<sub>2</sub>O salınımının %50 seviyesinden %80' e kadar farklı dozlarda azaldığı gözlemlenmiştir. Buna benzeyen sonuçlarda laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir. 100 gün süresince topraktan salınan N<sub>2</sub>O seviyesinden bir azalma olduğu da ifade edilmiştir. Biyokömür uygulamasının %20, 30 ve 60 olduğu topraklarda bu azalım durumunun %2-10 olarak belirlendiği rapor edilmektedir (Spokas, 2009).

Eklenmiş olduğu toprakta salınan CO<sub>2</sub> seviyesinin az olması durumu, biyokömürün toprakta uzun vadede kaldığının bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Biyokömürlü toprakta agregat oluşumu artmakta ve yüzeye tutunan çözülmüş organik karbonlar CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> salınımının en aza indirgemektedir (Major ve ark., 2010).

Biyokömürün genel olarak sera gazlarını azaltıcı etkisinin olmasından dolayı iklim değişiklikleri ile mücadele noktasında kullanılabilir bir ajan olduğu bildirilmektedir. Atmosferde fazla miktarda meydana gelen karbonu yok etmenin

başlıca yolu ağaçlandırmanın yapılmasıdır. Ağaçlandırma yönteminde ağacın temelde hidrokarbon zincirinden meydana gelen dokularında, atmosferden karbondioksit aracılığıyla almış oldukları karbonu depo etmektedirler. Ağacın yakılması ya da ölmesiyle beraber içerisinde yer alan karbon ayrışma yoluyla atmosfere döner. Hava küredeki karbonu tutmak söz konusu olduğunda yakılan bitki ve ağaçlardaki karbonun doğaya salınması yerine biyokömüre dönüştürülüp toprakta tutulması daha mantıklıdır (Gul ve ark., 2015).

Biyokömürün toprağa uygulanması vasıtasıyla karbonun gömülmesi, hammadde oranı, piroliz işleminin yapılabilmesi için gerekli olan ısı enerjisi söz konusu olduğunda masraflı gibi algılanabilir. İklimsel değişimin mücadelecisi olarak karbonu tarım arazilerine gömme konusu sadece karbonun toprak iyileştiricisi olma özelliğine sahip olmasıyla ekonomik hale gelir. Bundan dolayı toprağa biyokömür uygulaması olumlu özellikleri ve yüksek miktarda karbon içermesi nedeniyle üretimi yapılmalıdır. İstenilen özellikte elde edilen biyokömürün pirolizi sırasında saldığı yağ ve gazların tutulabildiği ve depolanabildiği bir sistemin kurulması bu üretim faaliyetini devamlı hale getirecektir (Wang ve ark., 2013).

Biyokömürün toprak yapısını iyileştirici yönde kullanımının yanında iklim değışikliklerinin zararlı etkilerini azaltma, toprak verimliliği ve tarımsal üretimi zenginleştirme şeklinde olumlu özellikleri sıralanmaktadır (Glaser ve ark., 2002). Bitki besin maddesi düzeyi az olan topraklara biyokömürün uygulanması potansiyel anlamda tarımsal ve çevresel olumlu etkilerinden dolayı ilgilenilen bir kaynak şeklinde araştırmaları yapılmaktadır. Araştırmalar, toprak iyileştirme bakımından biyokömür uygulamasının faydaları konusunda yapılmıştır. İfade olan bu olumlu etkilerin içinde toprağa kararlı karbon uygulanmasıyla küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin azaltılması, atıkların değeriendirilmesi, biyoenerji üretim durumu, toprağın tekstürü ve verimliliği ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Ogawa ve ark., 2006).

Biyokömürün buğday bitkisi üzerine olan etkilerini inceleyen Namlı ve ark., (2017) araştırmalarında, tarımsal atıklardan meydana gelen biyokömürün buğday bitkisinin büyümesi ve gelişmesi ve bazı toprak nitelikleri üzerine etkileri konusu ile ilgili çalışma yapmışlardır. Araştırma kapsamında, tavuk altlığı ve fındıkkabuğu biyokömürünün uygulama durumu, toprağın kimyasal nitelikleri ve buğdayda

biyokömün verimi arttırma parametrelerini belirlemek amacıyla, Ankara ili Haymana ilçesinde bir yıl süreli tarla denemesi yapılmıştır. Çalışma süresince, biyokömür materyalleri tek başlarına 0, 150 ve 300 kg da<sup>-1</sup> dozlarında ve kimyasal gübrelere beraber tesadüf parselleri deneme desenine göre uygulama yapılmıştır. Tavuk altlığı biyokömürünün etki oranı fındikkabuğu biyokömürüne oranla daha etkili olmuş, sadece biyokömür uygulamasının yanı sıra DAP gübresiyle beraber uygulanmasında verim durumu, bitki boyu ve başakta tane sayısında daha fazla olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir. Toprağa uygulaması yapılan biyokömürler danenin fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içeriğine olumlu yönde etki göstermiş ve danede en fazla element içerikleri ise biyokömürlerin kimyasal gübreyle kombine uygulaması sonucunda elde edilmiştir.

Asidik topraklarda mısır bitkisinde yapılan biyokömür uygulamalarında bitkinin boy yüksekliğinde artış sağlanmıştır. Ayrıca bitkinin kök biyokütlesinde biyokömürsüz denemeye göre önemli bir artış gözlemlenmiştir. Sayısal verilere bakıldığında 40 günlük bir deneme süreci sonunda kök biyokütlesi 10.1g iken 38.4g a yükselmiştir (Rodríguez ve ark., 2009).

### 3. MATERYAL VE METOD

Denemede kullanılan toprak materyali çiftçi tarlasından 0-20 cm'den alınmıştır. Alınan toprak branda üzerine serilip kesekler dağıtıldıktan sonra hava kuru hale getirilmiştir. Hava kuru toprak 4 mm'lik elekten geçirilmiştir. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge-2'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada kumlu killi tınlı ve kumlu-tınlı farklı tekstüre sahip iki farklı toprağa ilave edilerek biyokömür ve  $\text{NH}_4(\text{NO}_3)_2$  gübresi Buğday; *Triticum aestivum* L. bitkisinin rizosfer bölgesindeki biyolojik özellikler (mikrobiyal biomass,  $\text{CO}_2$ -üretimi, Üreaz aktivitesi ve Asit fosfataz ve alkalın fosfataz aktivitesi) üzerine etkisi sera denemesi ile araştırılmıştır.

Denemede bitkisel materyal olarak Buğday; *Triticum aestivum* L. bitkisinin Altınbaşak çeşiti kullanılmıştır. Saksı denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Saksı denemesinde 2 farklı tekstür, 3 farklı doz fındıkkabuğundan üretilmiş biyokömür kullanılarak 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Deneme yapımında kullanılacak materyaller ve karışım oranları (kuru madde olarak) aşağıda gösterildiği gibidir (Çizelge-1).

**Çizelge 3. 1** Saksı Denemesi Kuru Madde Uygulama Miktarları

Uygulama Dozları	
Kumlu Killi Tın	Kumlu Tın
B <sub>0</sub> (0 kg da <sup>-1</sup> )	B <sub>0</sub> (0 kg da <sup>-1</sup> )
B <sub>1</sub> (10 kg da <sup>-1</sup> )	B <sub>1</sub> (10 kg da <sup>-1</sup> )
B <sub>2</sub> (20 kg da <sup>-1</sup> )	B <sub>2</sub> (20 kg da <sup>-1</sup> )

Çalışma sırasında kullanılan biyokömür fındık kabuğundan (EK 1) 385°C sıcaklıkta üretilmiştir. Üretim süresi 264 dakikadır (EK 2). Biyokömür Ordu ilinde faaliyet gösteren bir fındık kırma fabrikasından temin edilmiştir. Deneme kurulumu tamamlanmadan önce toprak örneklerinin temel bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış ve Çizelge-2 de gösterilmiştir.

**Çizelge 3. 2** Denemede Kullanılan Toprağa Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler ile Biyokömüre Ait Özellikler

	Organik madde (%)	C (%)	N (%)	C/N	pH	K (kg mg <sup>-1</sup> )	P (kg mg <sup>-1</sup> )	Mg (kg mg <sup>-1</sup> )	Fe (kg mg <sup>-1</sup> )
Kumlu Killi Tın	1.9	-	0.052	-	6.46	56.8	6.8	-	-
Kumlu Tın	2.6		0.019		7.7	63.8	7.1		
Biyokömür	84.31	49	1.17	42	9.24	0.337	-	16.90	10.4

Araştırma 2mm'lik elekten elenmiş biyokömürün 0, 10, 20 kg da<sup>-1</sup> dozlarının oransal olarak 3 tekerrürlü, tesadüf parselleri deneme desenine göre doğal koşullar altında serada yürütülmüştür.

### 3.1 Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi

Saksı denemesi Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliğinde, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü araştırma serasında yürütülmüştür. Denemede, hava kuru 7 kg toprak alan saksılara belirlenen oranlarda karışımlar ayrı ayrı hazırlanıp doldurulduktan sonra, ortamdaki iç dinamiklerin stabil hale gelmesi amacıyla 24 saat bekletilmiştir. 24 saatin sonunda bitki materyali olarak kullanılan Altınbaşak çeşidi buğday bitkisininim dikimi her bir saksıya 10 adet olacak şekilde yapılmıştır. Bir hafta sonra tohumların çimlenmesiyle her saksıda 8 bitki olacak şekilde seyretilmiştir. Bu işlemlerden sonra tüm saksılar sulanmış ve bundan sonraki sulamalar hava koşulları ve toprak nemine göre belli aralıklarla yapılmıştır. Bitkilerin dikilmesinden 60 gün sonra saksı denemesi hasat edilerek toprak ve bitki örnekleri alınmıştır.

Alınan toprak örnekleri 2 mm' lik elekten elendikten hemen sonra +4°C de buzdolabında bekletilerek analize hazır hale getirilmiş ve biyolojik analizlere başlanmıştır.

### 3.2 Toprak Örneklerinde Kullanılan Analiz Yöntemleri

#### Bünye

Bouyoucos hidrometre metodu ile 40. saniye düzeltilen hidrometre okuma değeri ve 2. saat düzeltilen hidrometre okuma değerinin kullanılması ile hesaplanarak belirlenmiş olan % kum, % kil ve % silt miktarının bünye analiz üçgenine uygulanması ile tespit edilmiştir (Bouyoucos, 1962).

### **Toprak Reaksiyonu (pH)**

Toprakların pH değerleri 1:2,5 oranındaki toprak ve saf su karışımının 120 dakika çalkalayıcıda çalkalanması sonrası bir süre beklendikten sonra cam elektrotlu pH metre ile ölçülerek belirlenmiştir (Bayraklı, 1997).

### **Elektriksel İletkenlik (EC)**

Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri, pH ölçümü için hazırlanan 1:2,5 oranındaki toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti ile ölçülmüştür (Bayraklı, 1997).

### **Toprakta Nem Tayini**

Belirli bir miktardaki toprak örneğinin 105°C'de etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulması sonucu gravimetrik olarak belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

### **Organik Madde**

Potasyum dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) ile yaş yakma yöntemi ile organik karbon değeri bulunmuş (Rauterberg and Kremkus, 1951) bu değerin Van Benmelen Faktörü olan 1,724 ile çarpılması ile hesaplanmıştır (Black, 1965).

### **Alınabilir Potasyum**

Richards (1954) tarafından belirtildiği şekilde ekstrakt eğrisi olarak 1 N amonyum asetat ( $C_2H_7NO_2$ ) (pH=7) kullanılarak ve ekstrakt çözeltisine geçen potasyum miktarı flame fotometrede okunarak saptanmıştır.

### **Alınabilir Fosfor**

Bingham, 1949 Metoduna göre kolorimetrik olarak tayin edilmiştir.

### **Değişebilir K, Na, Ca ve Mg**

Toprak örnekleri nötr 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilerek AAS'de okunmasıyla belirlenmiştir (Pratt (1965).

### **Alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn**

DTPA ile ekstrakte edilen toprak örneklerinden elde edilen süzükte bu elementler atomik absorpsiyon ve spektrofotometrede saptanmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

### **CO<sub>2</sub> Oluşumu (Toprak Solunumu)**

0,1 N KOH çözeltisi kullanılarak ve 27°C'de 24 saat inkübasyon süresi sonunda 0,1 N HCl ile geri titre ederek saptanmıştır (Isermeyer, 1952).

### **Mikrobiyal Biyomas Karbonu (MBC)**

Doğal nemli toprak örneklerinde verilen glikozun aerob organizmaların glikozu ayrıştırması esasına dayalı yöntemde 25°C'de 4 saatlik inkübasyondan sonra ortaya çıkan CO<sub>2</sub> ölçülerek belirlenmiştir (Anderson, 1982).

### **Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi**

TTC (trifenil tetrasolium klorür) çözeltisi ilave edilen toprak örneklerinin 16 h 25°C'de inkübasyonundan sonra oluşan TPF (trifenil formazan)'nin 546 nm'de fotometrik ölçümü ile belirlenmiştir (Thalman, 1968).

### **Üreaz Enzim Aktivitesi**

Substrat olarak ürenin kullanıldığı topraklar 37°C'de 90 dakika inkübe edildikten sonra ortaya çıkan amonyum 2 M KCl ile ekstrakte edildikten sonra modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile tespit edilmiştir (Kandeler ve Gerber, 1988).

### **Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi**

Tamponlanmış p-nitrofenil fosfat çözeltisi ilaveli toprakların 1 saat 37°C'de inkübasyonundan sonra ortaya çıkan fosfomonoesterazların pH= 6.5 olan NaOH ile renklendirilmesi sonucu 400 nm'de fotometrik olarak ölçülmesi ile saptanmıştır (Tabatabai ve Bremmer, 1969; Eivazi ve Tabatabai, 1977).

### **3.3 Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Yöntemler**

Çalışmada elde edilen sonuçların JUMP paket programı ile varyans analizleri yapılmış, uygulamalar arasındaki farklılığı belirlemek için %1 ve %5 önem düzeyinde LSD testine göre gruplandırılmıştır.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan araştırmada kumlu killi tınlı ve kumlu-tınlı tekstüre sahip iki farklı toprağa ilave edilerek biyokömürün Buğday; *Triticum aestivum* L. bitkisinin rizosfer bölgesindeki biyolojik özellikler (mikrobiyal biomass, CO<sub>2</sub>-üretimi, üreaz aktivitesi ve asit fosfataz ve alkalın fosfataz aktivitesi) üzerine etkisi sera denemesi ile incelenmiştir. Buna ek bazı makro ve mikro besin elementi değerleri, organik maddeye olan etkisi ve toprak reaksiyonu açısından sonuçlar ele alınmıştır. İnceleme sonuçlarına ait bulgular aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

##### 4.1 Üreaz Enzim Aktivitesi

Çizelge 4.1 incelendiğinde farklı dozlardaki biyokömür uygulamalarının farklı bünyeye sahip topraklarda üreaz enzim aktivite değerleri üzerinden istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak sayısal olarak artış sağlanmıştır. Kumlu tın bünyeye sahip toprağın üreaz enzim aktivite değerleri kumlu killi tın bünyeye sahip toprağa göre daha yüksek olarak tespit edilmiş olup, 20 kg da<sup>-1</sup> doz uygulaması sonucunda ise kumlu killi tın toprağın üreaz enzim aktivitesi kumlu tın bünyeye sahip toprağa kıyasla yaklaşık 1,11 kat artış sağlamıştır. Burada biyokömür dozu artışı sağlandıkça kumlu killi tın toprağın üreaz enzim aktivitesi açısından kumlu tınlı bünyeye sahip toprağa göre daha duyarlı olduğunu söyleyebiliriz. Üreaz enzim aktivitesinin artışı mikroorganizma faaliyetlerinin artışında doğru orantılı olarak artacağını bize işaret etmektedir. Söz gelimi kumlu kil bünyeye sahip toprak biyokömür bakımından doyurulduğu oranda karşılık alınacaktır.

Kablan, (2005), üreaz aktivitesinin üretimi konusunda substrat kaynağı olarak ürenin çeşitli organik atıklarda N içeriği substratı olan organik N formları ile yükseldiğini ifade etmiştir. Biyokömürün geniş C/N içeriği bulundurması mikroorganizmalar aracılığı ile daha çok parçalanması nedeniyle üreaz enzim aktivitesini doğrudan yükseltmiştir.

Üreaz enzim aktivitesi, topraklara hayvansal dışkıları, atıklar ve gübreler gibi farklı yollardan giren, toprak içerisinde azot döngüsünde görev alan kritik önemi olan bir enzimdir ve üre enziminin parçalanmasını kataliz etmektedir. Üreaz enziminin kaynağı aslında mikrobiyal aktivitesi neticesinde ekstraselülerdir. Bundan dolayı, mikroorganizmalar aracılığı ile sentezi yapılmakta ve toprak içerisinde kalmaktadır.



Canlılardan oluşmasına rağmen hücre içerisinde genel bir aktivite göstermediğinden dolayı çevresel etkenlere ve tepkilere karşı direnç göstermektedir. Nannipieri ve ark., (1983), çalışmasında toprak içerisindeki azot döngüsünde üreazın oluşumunun ürenin parçalanması olup, buradaki sorumlu enzimin üreaz olduğunu ifade etmişlerdir. Bu enzim gruplarının toprak mikroorganizmaları aracılığı ile besin maddelerini parçalama hedefiyle üretimi yapılma sonrasında, toprakların kil ve organik madde gibi kolloidleri aracılığı ile tutulmakta bu enzimlerin üretimini yapan mikroorganizma hücresine bağımlı olmadan enzim aktivitelerini sürdürmektedirler (Aşkın ve ark., 2004).

**Çizelge 4. 1** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Üreaz ( $\mu\text{g N g.k.t}^{-1} 2\text{h}^{-1}$ ) Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın	Kumlu Tın
0 kg da <sup>-1</sup>	38.57	65.50
10 kg da <sup>-1</sup>	48.62	65.57
20 kg da <sup>-1</sup>	55.00	61.13

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

Kumlu killi tınlı ve kumlu tınlı topraklarda biyokömür uygulamaları sonucunda iki grup arasındaki fark istatistik olarak yapılan varyans analizi sonucunda önemli bulunmamıştır.

#### 4.2 Asit Fosfataz Aktivitesi

Biyokömür uygulamasının farklı bünyelere sahip topraklarda asit fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkileri Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Deneme sonuçları incelendiğinde kumlu killi tın ve kumlu tın bünyeye sahip topraklarda, biyokömürün dozları istikstiksel olarak önemli olmasa bile farklı bünyelerin asit fosfataz aktivitesini artırıcı yönde etkileri olduğu gözlemlenmektedir. Kumlu tın bünyeye sahip toprağın asit fosfataz değeri 40.95, kumlu killi tın bünyeye sahip toprağın ise 31.44  $\mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$  arasında belirlenmiştir. Biyokömür dozları dikkate alındığında ise istatistiksel olarak önemli bulunmasa bile dozlar arttıkça değerler de artmış, kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta 10 kg da<sup>-1</sup> dozu, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 20 kg da<sup>-1</sup> doz en etkili doz olarak karşımıza çıkmıştır.

Toprakların alkali fosfataz aktivitesi ile toplam ve yarıyışlı fosfor (P) kapsamı arasında negatif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, Almanya topraklarında çözünebilir P ile fosfataz faaliyeti arasındaki ilişki yüksek seviyede

negatif korelasyon iken, Mısır topraklarında pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Hofmann ve Kasseba, 1962). Asit ve alkali fosfataz faaliyetinin toprakların organik madde kapsamı ile arasında önemli bir ilişki olduğu bilinmektedir. Hoffmann ve Elias-Azar (1965)'ın yaptıkları araştırmada, İran'ın kuzeyindeki topraklarda, organik madde kapsamı ile asit ve alkali fosfataz aktivitesi arasında pozitif korelasyon gözlemlenmiştir. Bu bakımdan çalışma ile literatür paralellik göstermektedir.

Kumlu killi tın bünyeli toprakta özellikle 20 kg da<sup>-1</sup> dozunda biyokömürün etkisi asit fosfataz enzim aktivitesini azaltıcı yönde olmuştur. Bu aşamada toprağın pH dengesinin alkali yönde aşırı bozulması yararlı fosfor (P) miktarını da azaltmıştır. Kumlu tın bünyeye sahip tekstürde ise 20 kg da<sup>-1</sup> dozu anlamlı bir artış gösterecek şekilde 10 kg da<sup>-1</sup> dozunun yaratmış olduğu olumlu artış burada çok daha az gözlemlenmiştir. Buradan hareketle bu bünye içinde artan dozların asit fosfataz enzim aktivitesinin artışını yavaşlattığı hatta artacak dozlarda ise azaltacağını söylenebilir.

**Çizelge 4. 2** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Asit Fosfataz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri ( $\mu\text{g P-N g.k.t}^{-1}$ )

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın	31.44b	Kumlu Tın	40.95a
0 kg da <sup>-1</sup>	29.63		35.35	
10 kg da <sup>-1</sup>	33.89		42.68	
20 kg da <sup>-1</sup>	30.80		44.80	

LSD (p<0.01) = 1.73074

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

### 4.3 Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi

Biyokömür uygulamasının farklı bünyelere sahip topraklarda alkali fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkileri Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir. Sonuçları incelendiğinde kumlu killi tın ve kumlu tın toprakların doz ve bünyeye olan etkilerinin istatistiksel olarak önemli olarak bulunmuştur (p<0.01). Bünye dikkate alındığında yine kumlu tın bünyeye sahip toprakların ön plana çıktığı ve yine dozlar açısından da kumlu tın bünyenin 10 kg da<sup>-1</sup> ve 20 kg da<sup>-1</sup> dozlarının en etkili doz olduğu tespit edilmiştir. Alkali fosfataz enzim aktivitesi değerleri özellikle toprak bünyeleri açısından incelendiğinde kumlu tın bünyenin kumlu killi tın bünyeye oranla yaklaşık 2 kat yüksek olarak tespit edildiği görülmektedir.

Bitkiler tarafından fosforun alınımı, fosfotaz enzimleri tarafından organik fosfor bileşiklerinin ortofosfata mineralizasyonu ile gerçekleşmektedir. Alkalın fosfotazlar sadece mikroorganizmalar tarafından salgılanır, birçok bakteri türü alkalın fosfotaz enzimini üretir. Fosfataz enzim aktivitesinin istatistiksel olarak önemsiz çıkmasının ve topraklarda çok fazla artmamasının sebebi fosfatazın inhibe olması durumunda  $PO_4^{4-}$  sentezini engellediğini ve ortafosfatın asit ve alkalın fosfataz enzim aktivitesinin organik fosfor bileşiklerinin oluşmasını yani fosfor mineralizasyonunu engellemesi şeklinde açıklanabilir (Chunderova ve Zubets, 1969).

**Çizelge 4. 3** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri ( $\mu\text{g P-N g.k.t}^{-1}$ )

<b>Biyokömür Uygulamaları</b>	<b>Kumlu Killi Tın</b>	10.72b	<b>Kumlu Tın</b>	20.86a
0 kg da <sup>-1</sup>	10.53 b		14.16 b	
10 kg da <sup>-1</sup>	11.90 b		22.30 a	
20 kg da <sup>-1</sup>	9.77 b		26.12 a	
LSD (p<0.01) : 3.15064				

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

#### 4.4 CO<sub>2</sub> Üretimi

Biyokömür uygulamalarının toprağın CO<sub>2</sub> üretimi üzerine etkisine ait değerler Çizelge 4.4' de verilmiştir. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının CO<sub>2</sub> oluşumu üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda biyokömür uygulamaları toprakta CO<sub>2</sub> oluşumunu olumlu yönde etkilemiş ve artırmıştır. Ayrıca farklı tesktürdeki toprakların etkisi de %1 düzeyinde önemli bulunmuş kumlu killi tın bünyeye sahip olan en uygun bünye olarak belirlenmiştir. Biyokömür dozları dikkate alındığında kumlu killi tın bünyeye sahip olan toprak istatistiksel olarak önemli olmasa bile CO<sub>2</sub> üretim değerlerini artırmış ve kontrol dozu olan kontrol dozuna göre 20 kg da<sup>-1</sup> dozu yaklaşık 2,08 kat artış sağlanmıştır. Kumlu tın bünyeye sahip toprak incelendiğinde ise 20 kg da<sup>-1</sup> dozu kontrol dozuna göre yaklaşık 2,51 kat artırmıştır. Bu değer tabloda çıkan en yüksek değer kontrol değerine bölünmesi ile elde edilmektedir. Gaunt ve Lehmann, (2008) çalışmalarında, biyokömür uygulaması ile toprakta biyolojik aktivite ve CO<sub>2</sub> üretimi durumunun biyokömürün mineralizasyonunun paralel olarak yükselttiğini rapor etmişlerdir. Net

bir şekilde söylenebilir ki her iki tekstrürde de biyokömür dozlarının düzenli artışı CO<sub>2</sub> üretimini ve düzeyini korelatif olarak arttırmıştır. Rizosfer bölgesinde artan enzim ve mikrobiyolojik faaliyet bu sonucu doğurmuştur.

**Çizelge 4. 4** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın CO<sub>2</sub> Üretimi Değerleri Üzerine Etkileri (mg CO<sub>2</sub>/100 g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>)

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın	10.41a	Kumlu Tın	3.13b
0 kg da <sup>-1</sup>	7.21		1.60	
10 kg da <sup>-1</sup>	9.03		3.78	
20 kg da <sup>-1</sup>	15.00		4.03	

LSD (p<0.01) : 1.45887

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

#### 4.5 Mikrobiyal Biyomas-C

Biyokömür uygulamalarının toprakların mikrobiyal biyomas-C değerleri üzerine ait değerler Çizelge 4.5' de verilmiştir. Uygulama sonucunda, mikrobiyal biomass C değişimleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak istatistiksel olarak önemli bulunmasa bile dozların mikrobiyal biomass değerlerini artırdığı kumlu killi tın toprakta 0.65-0.85, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 0,37-0,72 mg biyomas-C 100 g.k.t<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Orta Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada Kızılkaya ve ark., (2004) mikrobiyal biyomas-C değerini 3.8 ile 135,4 mg CO<sub>2</sub> – C 100 g<sup>-1</sup> arasında bulmuştur.

**Çizelge 4. 5** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Mikrobiyal Biyomas-C Değerleri Üzerine Etkileri (mg biyomas-C 100 g.k.t<sup>-1</sup>)

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın	Kumlu Tın
0 kg da <sup>-1</sup>	0.65	0.37
10 kg da <sup>-1</sup>	0.85	0.72
20 kg da <sup>-1</sup>	0.76	0.58

Toprağın mikrobiyal biyomas kriteri genellikle toprak nemi, toprak reaksiyonu ve organik madde tarafından kontrol edilir. Toprak mikrobiyal biyokütlesi, çok önemli toprak biyolojik özelliklerinden biridir. Mikrobiyal biyokütlenin ölçümü farklı ekosistemlerdeki biyokütle dönüşümünün tanımlanması ve açıklanması için de faydalıdır (Solaiman, 2007). Yapılan çalışma sonucunda özellikle 20 kg da<sup>-1</sup> dozunda

mikrobiyal biyomas-C kütlesinde azalış saptanmıştır. En ideal dozun 10 kg da<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır.

#### **4.6 Organik Madde İçeriği**

Biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde kapsamında istatistiksel olarak önemli farklılıklar meydana getirmiştir ( $p<0.05$ ). Biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde içeriğine ait sonuçlar Çizelge 4.6 da verilmiştir. Biyokömür uygulamaları organik madde miktarını kumlu tın toprakta arttırdığı ve farklı bünyelerin istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.01$ ). Buna göre kumlu killi tınlı toprakta dozların organik madde içeriği üzerine etkileri % 0.28-0.30 arasında, kumlu tın bünyeye sahip toprakta % 0,32-0.37 arasında belirlenmiştir. Toprak bünyeleri dikkate alındığında ise kumlu killi tın ve kumlu tın bünyeye sahip toprağın etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, organik madde içerikleri sıra ile 0.28 ve 0.34 arasında saptanmıştır. Beklentinin aksine bu denemede kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta kontrol dozundan sonra yapılan biyokömür uygulaması sonucunda organik madde içeriği azalış göstermiştir. Diğer parametreler ile birlikte değerlendirildiğinde bu durum artan mikrobiyolojik faaliyetin sonucu olarak yükselen enzim aktivitesine bağlı olarak topraktaki organik maddenin bitki bünyesine geçerek azalması ile yorumlanabilir. Yine CO<sub>2</sub> artışıda buna işaretir.

Demisie ve ark., (2014) araştırmalarında, meşe ve bambudan meydana gelen biyokömürün toprağa uygulanması ile % C değerinin kontrol toprağına oranla %50 ile %286 arasında yükselme olduğunu gözlemlemişlerdir. Tarımsal üretim faaliyetlerinde bitkinin toprakta sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi, toprağın genel yapısının elverişli olmasına bağlıdır. Toprağın fiziksel yapısının en iyi hale getirilmesi ve tarımsal verimliliğin sağlanmasında ana etken bitki besin materyallerinin toprağına uygulanmasıdır (Bender ve ark., 1998). Organik atıklar toprak yapısının düzeltici niteliklerinin yanında başta azot (N) olmak üzere fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi bitki besin elementlerini de içermektedir. Toprağına uygulanması yapılan kümes hayvanlarından meydana gelen biyokömürün domates bitkisinin gelişiminde olumlu etkileri olduğu bulunmuştur (Akça ve Namlı, 2015). Çizelge 4.6. dan da görülebileceği üzere farklı miktarda uygulanan dozlar organik madde üzerine diğer kalite parametrelerine nazaran çok daha

az etki yapmıştır. Lakin toprak organik madde içeriği için %1 lik bir artışın dahi ne derece büyük bir önem arz ettiği düşünülecek olursa bu gelişme çok olumludur.

**Çizelge 4. 6** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Organik Madde İçeriği (%) Üzerine Etkileri

<b>Biyokömür Uygulamaları</b>	<b>Kumlu Killi Tın</b>	0.28b	<b>Kumlu Tın</b>	0.34a
0 kg da <sup>-1</sup>	0.30		0.32	
10 kg da <sup>-1</sup>	0.27		0.33	
20 kg da <sup>-1</sup>	0.28		0.37	
LSD (p<0.01): 0,01367				

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

#### **4.7 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Kalsiyum (Ca) İçeriği Üzerine Etkileri**

Çizelge 4.7' da biyokömür uygulaması yapılan kumlu killi tın ve kumlu tınlı toprakta Ca içeriği verilmiştir. Uygulamalar sonucunda toprak bünyelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 352,78-377,21 mg kg<sup>-1</sup> arasında, dozlar dikkate alındığında ise istatistiksel olarak önemli bulunmamış ama değerleri dozlar arttıkça artmıştır. Kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta 335.52-364.23, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 375.92-379.53 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Ayrıca en etkili bünyenin kumlu killi tın olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4. 7** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Ca İçeriği üzerine Etkileri (mg kg<sup>-1</sup>)

<b>Biyokömür Uygulamaları</b>	<b>Kumlu Killi Tın</b>	352.78b	<b>Kumlu Tın</b>	377.21a
0 kg da <sup>-1</sup>	364.23		376.20	
10 kg da <sup>-1</sup>	358.60		375.92	
20 kg da <sup>-1</sup>	335.52		379.53	
LSD (p<0.05): 10,748				

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

Burada kumlu killi tın bünyeli toprakta 10 kg da<sup>-1</sup> dozun en etkili doz olduğu gözlemlenmişken, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise doz artışına sürekli olumlu tepki alınmış ve en ideal doz 20 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

#### 4.8 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Bitkiye Yararışlı P Üzerine Etkisi

Çizelge 4.8' de biyokömür uygulaması yapılan kumlu killi tın ve kumlu tınlı toprakta bitkiye yararışlı P içeriği verilmiştir. Uygulamalar sonucun da toprak bünyelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 0.51-0.70 mg kg<sup>-1</sup> arasında, dozlar dikkate alındığında da istatistiksel olarak önemli olarak belirlenmiştir. Kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta 0.50-0.52, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 0.60-0.83 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Ayrıca en etkili bünyenin kumlu tın olduğu görülmektedir.

Çam biyokömürüyle yapılan denemede toprağa biyokömür uygulamasıyla beraber azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) gibi yararışlı elementlerin alınmaları ve tutulmalarında bir yükselme olduğu, biyokömürün azot (N) ile beraber uygulanması ile birlikte bitki büyümesine katkı sağladığı tespit edilmiştir (Akça., 2015).

**Çizelge 4. 8** Biyokömür Uygulamalarının Bitkiye Yararışlı Fosfor (P) İçeriği Üzerine Etkileri (mg kg<sup>-1</sup>)

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın	0,51b	Kumlu Tın	0,70a
0 kg da <sup>-1</sup>	0,51 c		0,65 b	
10 kg da <sup>-1</sup>	0,50 c		0,83 a	
20 kg da <sup>-1</sup>	0,52 bc		0,60 bc	

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark. Kendi grubu içinde önemli değildir. Tekstür LSD (p<0.01) : 0.03806 Tekstür x Biyokömür: LSD (p<0.05) : 0.06592.

#### 4.9 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Ekstrakte Edilebilir Potasyum (K) Üzerine Etkisi

Çizelge 4.9' de biyokömür uygulaması yapılan kumlu killi tın ve kumlu tınlı toprakta bitkiye yararışlı P içeriği verilmiştir. Uygulamalar sonucun da toprak bünyelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Öte yandan dozlar dikkate alındığında da istatistiksel olarak önemli olarak belirlenmiştir. Kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta 41.90-52.25, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 45.61-46.26 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Ayrıca en uygun doz kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta 20 kg da<sup>-1</sup> dozunda belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 9** Biyokömür Uygulamalarının Ekstrakte Edilebilir Potasyum (K) İçeriği Üzerine Etkileri (mg kg<sup>-1</sup>)

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın	Kumlu Tın
0 kg da <sup>-1</sup>	41,90 b	45,78 b
10 kg da <sup>-1</sup>	43,00 b	45,61 b
20 kg da <sup>-1</sup>	52,25 a	46,26 b

LSD (p<0.01) : 2,42861

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

#### 4. 10 Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Mikro Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkileri

##### 4.10.1 Çinko (Zn) İçeriği

Çizelge 4.10' de biyokömür uygulaması yapılan kumlu killi ve kumlu tın bünyeye sahip topraklara Zn içeriği verilmiştir. Uygulamalar sonucunda da toprak bünyelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup kumlu killi tın toprakta 4.23, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 3,21 mg kg<sup>-1</sup> arasında, dozlar dikkate alındığında ise istatistiksel olarak önemli bulunmasa bile kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta 4.12-4.5, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 2,98-3,5 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Ayrıca en etkili bünyenin kumlu killi tın olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4. 10** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Zn İçeriği Üzerine Etkileri (mg kg<sup>-1</sup>)

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın	4.23a	Kumlu Tın	3.21b
0 kg da <sup>-1</sup>	4.12		3.50	
10 kg da <sup>-1</sup>	4.10		2.98	
20 kg da <sup>-1</sup>	4.50		3.20	

LSD (p<0.05): 0,48297

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

##### 4.10.2 Cu İçeriği

Çizelge 4.11' de biyokömür uygulaması yapılan kumlu killi tın ve kumlu tın bünyeye sahip toprakta Cu içeriği verilmiştir. Uygulamalar sonucunda toprak bünyelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli olarak belirlenmiş olup 0,90-4,58 mg kg<sup>-1</sup> arasında, dozlar dikkate alındığında ise istatistiksel olarak önemli bulunmamış ancak kumlu killi



tın bünyeye sahip toprakta 3,33-5,92 mg kg<sup>-1</sup> sonucu ortaya çıkmıştır. Kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 0,74-1,03 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Ayrıca en etkili bünyenin kumlu killi tın olduğu belirlenmiştir. Lakin burada doz arttıkça bakır içeriğinin azaldığı saptanmıştır.

**Çizelge 4. 11** Biyokömürün Toprağın Cu İçeriği Üzerine Etkileri (mg kg<sup>-1</sup>)

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın 4.58a	Kumlu Tın 0.90b
0 kg da <sup>-1</sup>	5.92	1.03
10 kg da <sup>-1</sup>	4.47	0.91
20 kg da <sup>-1</sup>	3.33	0.74

LSD (p<0.01): 0.68841

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

#### 4.10.3 Fe İçeriği

Çizelge 4.12' de biyokömür uygulaması yapılan kumlu killi tın ve kumlu tın bünyeye sahip topraklarda Fe içeriği verilmiştir. Uygulamalar sonucunda da toprak bünyelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup 18,40-37,40 mg kg<sup>-1</sup> arasında, dozlar dikkate alındığında ise istatistiksel olarak önemli bulunmamış ama değerleri dozlar arttıkça artmıştır. Kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta 16.90-19.74, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 28,03-44,18 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Ayrıca en etkili bünyenin kumlu killi tın olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4. 12** Biyokömür Uygulamalarının Toprağın Fe İçeriği Üzerine Etkileri (mg kg<sup>-1</sup>)

Biyokömür Uygulamaları	Kumlu Killi Tın 18.40b	Kumlu Tın 37.40a
0 kg da <sup>-1</sup>	18.53	44.18
10 kg da <sup>-1</sup>	16.90	28.03
20 kg da <sup>-1</sup>	19.74	40.00

LSD (p<0.01): 3.1755

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

#### 4. 11 Biyokömürün pH Üzerine Etkisi

Çizelge 4.13' de biyokömür uygulaması yapılan kumlu killi tın ve kumlu tınlı toprakta pH değeri üzerine etkileri verilmiştir. Uygulamalar sonucunda toprak bünyelerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup 4.9 ve 7.32 aralığında tespit

edilmiştir. Öte yandan dozlar dikkate alındığında da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kumlu killi tın bünyeye sahip toprakta pH değeri 7.25-7.38, kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise 4.90-4.97 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur.

Saygan ve Aydemir (2006) çalışmalarında, biyokömür uygulaması yapılan toprağın pH' sebebi olarak, biyokömürün yüksek pH değerinde olması ve kullanılan toprağın kireç oranının çok olmasına bağlı olduğu ve zamanla karbonatın hidrolize olması sebebiyle toprak pH değerinin yükseldiği ifade edilmektedir. Bu bakımdan bizim sonuçlarımızla paralellik göstermemektedir.

**Çizelge 4. 13** Biyokömür Uygulamalarının pH Üzerine Etkileri (mg kg<sup>-1</sup>)

<b>Biyokömür Uygulamaları</b>	<b>Kumlu Killi Tın</b>	<b>7.32a</b>	<b>Kumlu Tın</b>	<b>4.9b</b>
0 kg da <sup>-1</sup>	7.38		4.97	
10 kg da <sup>-1</sup>	7.32		4.90	
20 kg da <sup>-1</sup>	7.25		4.91	

LSD (p<0.01): 0.05619

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Fındıkkabuğundan elde edilen biyokömürün oluşturulan dozların inkübasyon süreci ve rizosfer bölgesi topraklarında bazı kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen sera denemesinde sonuçlar aşağıdaki gibi değerlendirilmektedir. Yapılan sonuç değerlendirilmesi sonucunda fındıkkabuğundan elde edilen biyokömürün farklı tekstüre sahip toprakların biyolojik özellikleri ve besin elementi içeriklerine etkileri uygulama öncesine göre olumlu olduğu saptanmıştır.

Enzim analizi incelendiğinde Kumlu killi tın bünyede 20 kg da<sup>-1</sup> dozu etkili olurken, asit ve alkalın fosfataz enzim aktivitesinde 10 kg da<sup>-1</sup> dozu etkili olmuştur. CO<sub>2</sub> üretimi ve Mikrobiyal biyomass- C değerlerinde ise sırası ile 10 kg da<sup>-1</sup> ve 20 kg da<sup>-1</sup> dozları öne çıkmıştır. Toprakların bünyeleri dikkate alındığında ise hemen hemen tüm biyolojik analizlerde kumlu tın bünyeye sahip toprakların istatistiksel ve rakamsal olarak önde olduğu net bir şekilde görülmektedir. Biyokömürün yapısı gereği içeriğindeki C içeriği sebebiyle topraktaki ayrışma hızının daha az seviyelerde olması ve topraktaki bitki besin elementlerinin oranına olumlu yönde etki göstermesi bilgisiyle elde ettiğimiz sonuçlara göre biyokömür ve farklı organik atıkların veya gübrelerin daha uzun zamanlı ve tarla şartlarında denenmesi ve tekrarlamasının yapılması önerilmektedir.

Buğday bitkisinin kök bölgesindeki enzim aktiviteleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmada; fındık kabuğundan elde edilen biyokömürün farklı dozlarda kullanılması, buğday bitkisinin kök bölgesindeki enzim aktivitesi artırdığı ve olumlu yönde etkiler yaptığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışmalarda organik atıklardan biyokömürün toprak özelliklerini ve toprakta enzim aktivitesini artırmak amacıyla yapılacak uygulamalarda değerlendirilmesi farklı araştırmacılar tarafından da önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akça, M. O., & Namli, A. (2015). Effects of poultry litter biyokömür on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3), 161.
- Anonim, (2016). European biyokömür certificate- guidelines for a sustainable production of biyokömür (Version 6.2E of 04th February 2016), European Biyokömür Foundation (EBC), Arbaz, 2016, 23s.
- Anonim, (2014). Simple 33echnologies for charcoal making, FAO forestry paper 41, Rome, 1983.
- Anonim, (2014). Biohcar, commonwealth scientific and industrial research organisation, [www.csiro.au](http://www.csiro.au), 2014, 4s.
- Asai, H., Samson, B. K., Stephan, H. M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T., & Horie, T. (2009). Biyokömür amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1, Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield, *Field Crops Research*, 111: 81-84.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Gülser, C. & Bayraklı, B. (2004). Ondokuzmayıs üniversitesi kampus topraklarının bazı mikrobiyolojik özellikleri, O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 191:31–36.
- Ateş, F. (2001). Euphorbia Rigida'nın sabit yatak reaktörde katalitik pirolizi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir, 152 s.
- Atkinson, C., Fitzgerald, J., & Hipps, N. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biyokömür application to temperate soils: A review. *Plant Soil* 337: 1-18.
- Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M., & Tarakçıoğlu, C. (1998). Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *International Symposium On Arid Region Soil. International Agrohydrology Research And Training Center, Menemen, İzmir*, 506-510 s.
- Budi, S.W. & Setyaningsih, L. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and biyokömür improved early growth of neem (*Melia azedarach* L.) seedling under Greenhouse conditions, *Journal Manajemen Hutan Tropika*, 19: 103-110
- Chan, K. Y., Dorahy, C., & Tyler, S. (2007). Determining the agronomic value of composts produced from garden organics from metropolitan areas of New South Wales, Australia. *Animal Production Science* 47(11): 1377- 1382
- Chaudhary, S., Dheri, G. S., & Brar, B. S (2017). Long-term effects of NPK fertilizers and organic manures on carbon stabilization and management index under rice-wheat cropping system. *Soil Tillage & Research* 166: 59-66
- Chunderova, A. I., & Zubets, T. (1969). Phosphatase activity in dernopodzolic soils. *Pochvovendenie*, 11: 47-53.
- Day, D., Evans., R. J., Lee, J. W., & Reicosky, D. (2004). Valuable and stable coproduct from fossil fuel exhaust scrubbing, *American Chemical Society, Division Fuel Chemistry*, 49: 352–355

- Demirbaş, A. (2014). Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 72: 243-248.
- Demisie, W., Liu, Z. & Zhang, M. (2014). Effect of biyokömür on carbon fractions and enzyme activity of red soil. *Catena*, 121: 214-221.
- Dhanda, S. S., Sethi, G. S., & Behl, R. K (2004). Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agronomy & Crop Science*, 190 : 6-12.
- Eo, J., Park, K. C., Kim, M. H., Kwon, S. I., Song, Y. J. (2018). Effects of rice husk and rice husk biyokömür on root rot disease of ginseng (*Panax ginseng*) and on soil organisms. *Biological Agriculture & Horticulture* 34(1): 27-39
- Fowles, M. (2007). Black carbon sequestration as an alternative to bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, 31(6), 426-432.
- Gaskin, J. W., Speir, R. A., Harris, K., Das, K. C., Lee, R. D., Morris, L. A., & Fisher, D. S. (2010). Effect of peanut hull and pine chip biyokömür on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal* 102(2): 623-633
- Gaunt, J. L., & Lehmann, J. (2008). Energy balance and emissions associated with biyokömür sequestration and pyrolysis bioenergy production. *Environ. Science. Technology*. 42: 4152–4158
- Glaser. B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with harcoal: A review. *Biology and Fertility of Soils* 35: 219–230.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. & Zech, W. (2001). The terra preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics, *Naturwissenschaften*, 88: 37-41
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – A review, *Biology and Fertility of Soils*, 35: 219-230.
- Gul, S., Whalen, J. K, Thomas, B. W., Sachdeva, V., & Deng, H. (2015). Physico-chemical properties and microbial responses in biyokömür-amended soils: mechanisms and future directions. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 206: 46-59
- Güereña, D., Lehmann, J., Hanley, K., Enders, A., Hyland, C., & Riha, S. (2013). Nitrogen dynamics following field application of biyokömür in a temperate North American maize-based production system. *Plant and Soil* 365(1-2): 239-254.
- Hale, S. E., Lehmann, J., Rutherford, D. & Zimmerman, A. R. (2012). Quantifying the total and bioavailable polycyclic aromatic hydrocarbons and dioxins in biyokömür, *Environ. Sci. Technol.*, 46, 2830-2838
- Hansen, V., Müller-Stöver, D., Ahrenfeldt, J., Holm, J. K., Henriksen, U. B., Hauggaard-Nielsen, H. (2015). Gasification biyokömür as a valuable byproduct for carbon sequestration and soil amendment. *Biomass and Bioenergy* 72: 300-308.

- Howell, T, A S R Evett & J. A, Tolk. (2001). Irrigation systems and management to meet future food fiber needs and to enhance water use efficiency. USDA-ARS Water management user unit Bushland Texas USA.
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A. C, Van Groenigen, J. W, Hungate, B. A., & Verheijen, F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters*: 12(5), 053001.
- Jones, G. A., & Warner, K. J., (2016), "The 21st century Population-Energy-Climate Nexus", *Energy Policy*, Vol. 93, pp. 206–212.
- Kablan, N., (2005). Farklı organik atıkların toprak ve mısır bitkisinin rizosfer bölgesindeki biyolojik özellikler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yayınlanmamış. 40 sf. Samsun.
- Kammann, C., Ippolito, J., Hagemann, N., Borchard, N., Cayuela, M. L., Estavillo, J. M., & Rasse, D. (2017). Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden—knowns, unknowns and future research needs. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25(2), 114-139.
- Karagöz, A., Zencirci, N., Tan, A., Taşkın, T., Köksel, H., Sürek, M., Toker, C., Özbek, K. (2010). Conservation and use of plant genetic resources. Seventh Technical Congress of Agricultural Engineers Chamber 1: 11-15
- Kızılkaya. R. Aşkın. T. Bayraklı. B. Sağlam. M. (2004). Microbiological Characteristics of Soils Contaminated With Heavy Metals. *European Journal of Soil Biology*. 40:95-102ss
- Laird, D. A., Brown, R. C., Amonette, J. E., & Lehmann, J. (2009). Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biyokömür, *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, 3: 547-562.
- Lehmann, J. , da Silva J. R., J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments, *Plant and Soil* 249: 343–357.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota—a review. *Soil Biology and Biochemistry* 43(9): 1812-1836.
- Lehmann, J. (2007). A handful of carbon, *Nature*, 447: 143-144
- Lehmann, J., & Rondon, M. (2005). Biochar soil management on highly-weathered soils in the humid tropics, Uphoff, N. *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*, Boca Raton, CRC Press
- Lin, X. W., Zie, Z. B., Zheng, J. Y., Liu, Q., Bei, Q. C., & Zhu, J. G, (2015). Effects of biochar application on greenhouse gas emissions, carbon sequestration and crop growth in coastal saline soil. *European Journal of Soil Science* 66: 329–338
- Liu, Q., Liu, B., Zhang, Y., Lin, Z., Zhu, T., Sun, R., & Lin, X. W (2017). Can biyokömür alleviate soil compaction stress on wheat growth and mitigate soil N<sub>2</sub>O emissions. *Soil Biology and Biochemistry* 104: 8-17

- Luo, L., & Gu, J. D (2016). Alteration of extracellular enzyme activity and microbial abundance by biyokömür addition: Implication for carbon sequestration in subtropical mangrove sediment. *Journal of Environmental Management* 182: 29-36
- Madari, B. E., Silva, M. A., Carvalho, M. T., Maia, A. H., Petter, F. A., Santos, J. L., & Zeviani W. M (2017). Properties of a sandy clay loam Haplic Ferralsol and soybean grain yield in a five-year field trial as affected by biochar amendment. *Geoderma* 305: 100-112.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., & Lehmann, J. (2010). Maize yield and nutrition during 4 years after biyokömür application to a Colombian savanna oxisol, *Plant Soil*, 333: 117-128.
- Naeem, M. A., Khalid, M., Aon, M., Abbas, G., Amjad, M., Murtaza, B., Khan WUD, & Ahmad, N (2018). Combined application of biochar with compost and fertilizer improves soil properties and grain yield of maize. *Journal of Plant Nutrition* 41(1): 112-122.
- Namlı, A., Akça, M., & Akça, H. (2017). Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday itkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 5 (1) 39 - 47.
- Nannipieri, P., Ceccanti, B., & Grego, S. (1990). Ecological significance of the soil biological activity in soil. In. *Soil Biochemistry*, Bollag, J.M., Stotzky, G. (Eds.) Marcel Dekker. New York, USA. pp. 415-471.
- Nelissen, V., Ruyschaert, G., Manka'Abusi D, D'Hose T, De Beuf K, Al-Barri B, Boeckx P (2015). Impact of a woody biyokömür on properties of a sandy loam soil and spring barley during a two-year field experiment. *European Journal of Agronomy* 62: 65-78
- Ni, M., Leung, D. Y. C., Leung, M .K. H., & Sumathy, K. (2006). An Overview Of Hydrogen Production From Biomass. *Fuel Processing Technology*, 87:461-472.
- Ogawa, M., Okimori, Y., Takahashi, F. (2006). Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: Three case studies. *itigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 429-444.
- Oleszczuk, P., Rycaj, M., Lehmann, J., & Cornelissen, G. (2012). Influence of activated carbon and biyokömür on phytotoxicity of air-dried sewage sludges to *Lepidium sativum*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 80: 321-326.
- Rodríguez, L., Salazar, P., & Preston, T. R. (2009). Effect of biyokömür and biodigester effluent on growth of maize in acid soils. *Livestock Research for Rural Development*, 21(7), 110.
- Saygan, E. P., & Aydemir, S. (2016). Harran ovası kireçli killi toprak özellikleri üzerine antepfıstığı dış kabuğu biyokömür uygulamasının etkisi. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(4), 301-312.
- Solaiman, Z. (2007). Measurement of microbial biomass and activity in soil, 201-211, *Soil Biology, Advanced Techniques in Soil Microbiology Volume 11*, Varma, A., and Oelmüller, R.(Eds.), Springer, New York, 427ss.

- Solaiman, Z. M., Murphy, D. V. & Abbott, L. K. (2012). Biochar influence seed germination and early growth of seedlings, *Plant and Soil*, 353: 273-287.
- Spokas, K. A., Koskinen, W. C., Baker, J. M. & Reicosky, D. C. (2009). Impacts of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicides in a Minnesota soil, *Chemosphere*, 77: 574-581.
- Subedi, R., Taupe, N., Pelissetti, S., Petruzzelli, L., Bertora, C., Leahy, J. J., Grignani, C. (2016). Greenhouse gas emissions and soil properties following amendment with manure-derived biochars: influence of pyrolysis temperature and feedstock type. *Journal of Environmental Management* 166: 73-83.
- Tian, X., Li, C., Zhang, M., Wan, Y., Xie, Z., Chen, B., Li, W (2018). Biochar derived from corn straw affected availability and distribution of soil nutrients and cotton yield. *PloS one* 13(1): e0189924, 1-19.
- TUİK, 2017( Türkiye İstatistik Kurumu).
- Türkeş, M., Sümer, U. M. & Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları. 13 Nisan. İstanbul: Hava Yönetimi Daire Başkanlığı, 7-23
- Ünal, H., Alibaş, K. (2002). Buğday ve ayçiçeği saplarının yakılması için gerekli yanma havası ve baca gazı miktarlarının belirlenmesi. IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 2002
- Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A. C., Van Der Velde, M., & Diafas, F.(2010). Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on oil properties, processes, and functions. EUR 24099 EN Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 149.
- Wang, S., Zhao, X., Xing, G., & Yang, L. (2013). Large-scale biyokömür production from crop residue: A new idea and the biogas-energy pyrolysis system, *Bioresources*, 8(1): 8-11.
- Zhang, A. F., Bian, R. J., Pan, G.X., Cui, L. Q., Hussain, Q., Li, L. Q., Zweng, J., Zheng, X., Han, X., & Yu, X. (2012). Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: A field study of 2 consecutive rice growing cycles. *Field Crops Research* 127: 153-160.
- Zhang, H., Yu, X., Jin, Z., Zheng, W., Zhai, B., & Li, Z. (2017). Improving grain yield and water use efficiency of winter wheat through a combination of manure and chemical nitrogen fertilizer on the Loess plateau, China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(2): 461-474.



# **EKLER**

**EK 1 Fındık Kabuğu**



**EK 2 Fındık Kabuğunun Piroliz İşlemi Sonrası Biyokömüre Dönmüş Hali**



## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	EMRAH ALBAYRAK
Doğum Yeri	ORDU
Doğum Tarihi	30.10.1983
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0532 594 98 64
E-Posta Adresi	albayrakemrah52@gmail.com



Eğitim Bilgileri	
<b>Lisans</b>	
Üniversite	Ege Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Toprak bölümü
Mezuniyet Yılı	20.02.2009
<b>Yüksek Lisans</b>	
Üniversite	Başkent Üniversitesi
Enstitü Adı	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	İşletme Ana Bilim Dalı
Program	İşletme Yönetimi
Mezuniyet Tarihi	20.06.2012
<b>Yüksek Lisans</b>	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	