

**T.C**  
**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOKÖMÜR VE AHIR GÜBRESİ UYGULAMALARININ  
TOPRAKTAKİ BAZI ENZİM AKTİVİTELERİNE, CO<sub>2</sub> ÜRETİMİNE,  
BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİNE VE DOMATES BİTKİSİNİN  
GELİŞİMİNE ETKİSİ**

**YAKUP ALPASLAN ERGÜN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2017**

## TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Yakup Alpaslan ERGÜN tarafından hazırlanan ve Yrd. Doç. Dr. Funda IRMAK YILMAZ danışmanlığında yürütülen “Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Topraktaki Bazı Enzim Aktivitelerine, CO<sub>2</sub> Üretimine, Besin Elementi İçeriğine ve Domates Bitkisinin Gelişimine Etkisi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 28/07/2017 tarihinde oy birliği / oyu çoğunluğu ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Funda IRMAK YILMAZ

Başkan : Prof. Dr. Ali COŞKAN  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme,  
Süleyman Demirel Üniversitesi

İmza : 

Üye : Prof. Dr. Damla BENDER ÖZENÇ  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme,  
Ordu Üniversitesi

İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Funda IRMAK YILMAZ  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme,  
Ordu Üniversitesi

İmza : 

ONAY:

23/08/2017 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 25/08/2017... tarih ve 2017 / 390 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü Y.  
Yrd. Doç. Dr. 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.



Yakup Alpaslan ERGÜN

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

### **BİYOKÖMÜR VE AHIR GÜBRESİ UYGULAMALARININ TOPRAKTAKİ BAZI ENZİM AKTİVİTELERİNE, CO<sub>2</sub> ÜRETİMİNE, BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİNE VE DOMATES BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE ETKİSİ**

**Yakup Alpaslan ERGÜN**

Ordu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 2017  
Yüksek Lisans Tezi, 77s.

Danışman: Yrd. Doç.Dr. Funda IRMAK YILMAZ

Bu çalışmada geniş C/N oranına sahip olan biyokömürün hayvan gübresi ile birlikte farklı dozlarda uygulanan toprakta yetişen domates (*Lycopersicum esculentum* Mill) bitkisinin bazı toprak enzimleri (dehidrogenaz, üreaz, arilsülfataz ve alkalın fosfataz), CO<sub>2</sub> oluşumu, mikrobiyal biyomas, diğer toprak özellikleri ile ilişkisini ortaya koymak ve domates bitkisinin gelişimine ait (boy, yaş ve kuru ağırlık) bazı parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme domates bitkisinin yetiştirileceği her saksıda 3 kg toprak ile fındık biyokömürünün 0 – 5 – 10 – 15 – 20 ton/ha ve olgunlaşmış ahır gübresinin 5 – 10 – 20 ton/ha dozlarının oransal olarak karıştırılmış ve 9 tekrarlı olmak üzere tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Deneme de uygulama konuları: kontrol, BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>5</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>5</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>10</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>15</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>20</sub>, AG<sub>20</sub> şeklindedir. Domates bitkisi gelişimini tamamladığında hasat edilmiş ve bitki gelişimi ile ilgili analizler yapılmıştır.

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprağın CO<sub>2</sub> üretimi, mikrobiyal biyomas karbonu, dehidrogenaz, üreaz ve arilsülfataz enzim aktivitelerinde artışa sebep olmuş ve istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.01). Alkalın fosfataz enzim aktivitesinde artışlar olmasına rağmen istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Toprakların biyolojik analizlerinde en etkili doz her parametre de değişmekle birlikte, biyolojik özellikleri artıran dozlar BK<sub>5</sub>+AG<sub>5</sub>, BK<sub>15</sub>+AG<sub>5</sub> , BK<sub>20</sub> ve AG<sub>20</sub> dozları olduğu belirlenmiştir.

Deneme sonucunda biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların organik madde içerikleri ile başta azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) olmak üzere alınabilir makro ve mikro element içeriklerini artırdığı gözlenmiştir. Uygulamaların bitkilerin yaş ve kuru madde değerleri ile bitki boyunda artış sağladığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ahır gübresi, besin elementi, biyokömür, enzim aktivitesi, mikrobiyal aktivite, *Lycopersicum esculentum* Mill.

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF BIOCHAR AND ANIMAL MANURE APPLICATION ON SOME ENZYME ACTIVITIES IN SOIL, CO<sub>2</sub> PRODUCTION, CONTENT OF NUTRIENTS, AND THE GROWTH OF TOMATO PLANTS

**Yakup Alpaslan ERGÜN**

University of Ordu

Institute for Graduate Studies in Science and Technology

Department of Soil Science and Plant Nutrition, 2017

MSc. Thesis, 77p.

Supervisor: Asst Prof. Dr. Funda IRMAK YILMAZ

In this study, some soil enzymes (dehydrogenase, urease, arylsulfatase and alkaline phosphatase) of tomatoes (*Lycopersicum esculentum* Mill) plant grown in different doses with biochemical animal fertilization with wide C / N ratio, CO<sub>2</sub> formation, microbial biomass, other soil characteristics And to determine some parameters related to the development of tomato plant (height, fresh and dry weight). Trial tomato plants of hazelnut biochar with 3 kg of soil in each pot to be grown 0-5 - 10 - 15 to 20 ton / ha and the matured animal manure 5 to 10 - 20 tons / ha of proportion stirred and 9 repeating including randomized plot design The experimental design It was conducted. Trial implementation issues as well: BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>5</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>5</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>10</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>15</sub> + AG<sub>10</sub>, BK<sub>20</sub>, is in the form AG<sub>20</sub>. When complete the development of tomato plants were harvested and plant growth analysis was made concerning.

Biochar and animal manure application were found to be statistically significant ( $p < 0.01$ ) due to the increase in soil CO<sub>2</sub> production, microbial biomass carbon, dehydrogenase, urease and arylsulfatase enzyme activities. Despite the increase in alkaline phosphatase enzyme activity, it was not statistically significant. The most effective dosages for soil biological analyzes were determined to be those doses BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub>, BK<sub>20</sub> and AG<sub>20</sub>, which increase the biological properties, while change the parameters.

As a result of the experiment, it was observed that the applications of biochar and stall fertilization increased the available macro and micro element contents, mainly nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) It has been determined that the plants are growing at the plant height with the dry matter values. It has been determined that the application of plants increases fresh and dry matter values and plant height.

**Keywords:** Stall fertility, nutrient, biochar, enzyme activity, microbial activity, *Lycopersicum esculentum* Mill.

## TEŞEKKÜR

Bütün alıőmalarım boyunca her zaman bilgi, beceri ve deneyimiyle benden yardımını esirgemeyen gelecek adına önümü görebilmek için bana öğretemenden çok abla gibi yol gösteren değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Funda IRMAK YILMAZ'a ve Toprak Bilimi Bitki Besleme bölümü hocalarıma sonsuz teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteğini esirgemeyen yaşam süresince yelken alabilmek adına elinde olan ve olmayan bütün imkanları paylaşan, desteğini esirgemeyen öncelikle annem, babam, kardeőim, yoldaőım, sırdaőım olan annem Türkan ERGÜN'e kalpten ve içten teşekkürü borç bilirim. Ayrıca eğitim hayatımca desteğini esirgemeyen eş adayım Alev EVREN'e teşekkür ederim.

Laboratuvar çalıőmalarım süresince yardımlarını aldığım değerli Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü asistanlarına teşekkürler.

## İÇİNDEKİLER

<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİLLER</b> .....	VII
<b>ÇİZELGELER</b> .....	VIII
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	IX
<b>EK LİSTESİ</b> .....	X
<b>1. GİRİŞ.</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	5
<b>3. MATERYAL ve METOD</b> .....	11
3.1. Materyal .....	11
3.2. Yöntem .....	12
3.3. Denemenin Kurulması .....	12
3.4. Toprak Örneklerinde Kullanılan Analiz Yöntemleri .....	16
3.5. Bitki Örneklerinde Yapılan Analiz Yöntemleri .....	19
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	20
4.1. CO <sub>2</sub> Üretimi .....	20
4.2. Mikrobiyal Biyomas-C' daki Değişmeler .....	22
4.3. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesindeki Değişmeler .....	24
4.4. Üreaz Enzim Aktivitesindeki Değişmeler .....	26
4.5. Arilsülfataz Enzim Aktivitesindeki Değişmeler .....	28
4.6. Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi .....	30
4.7. Biyokömür Ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprağın pH'sı Üzerine Etkisi .....	32
4.8. Organik Madde İçeriği .....	34
4.9. Biyokömür Ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Toplam N, Alınabilir P ve K İçeriklerine Etkisi .....	35
4.10. Biyokömür Ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Makro ve Mikro Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkileri .....	38
4.11. Bitki Boyu, Bitki Yaş Ve Kuru Ağırlıkları .....	42
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	44

<b>KAYNAKLAR</b> .....	46
<b>EK LİSTESİ</b> .....	57
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	64





## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Deneme Toprağı .....	14
Şekil 3.2.	Dikim Sonrası Görünüm.....	14
Şekil 3.3.	Askıya Alma .....	15
Şekil 3.4.	Koltuk Alma İşlemi Sırasında Seradan Görünüm .....	15
Şekil 3.5.	Meyve oluşumu .....	16
Şekil 4.3.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların dehidrogenaz aktivitesi enzim değerleri.....	26
Şekil 4.4.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların üreaz enzim aktivitesi değerleri.....	28
Şekil 4.5.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların aril sülfataz enzim aktivitesi değerleri.....	30
Şekil 4.7.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların pH değeri .....	33
Şekil 4.8.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların organik madde içeriği ...	35
Şekil 4.9.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların toplam N içeriği ...	37
Şekil 4.10.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir P içeriği .....	37
Şekil 4.11.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir K içeriği.....	38
Şekil 4.12.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir Mg ve Na içeriği.....	40
Şekil 4.13.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir Fe ve Mn içeriği .....	41
Şekil 4.14.	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinde boy bitki yaş ve kuru ağırlıkları .....	43

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge 3.1.</b>	Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler.....	11
<b>Çizelge 3.3.</b>	Saksı denemesi uygulama konuları .....	13
<b>Çizelge 3.4.</b>	Deneme deseni.....	13
<b>Çizelge4.1.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın CO <sub>2</sub> üretimi üzerine etkisi .....	21
<b>Çizelge4.2.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın mikrobiyal biyomas-C üretimi üzerine etkisi .....	23
<b>Çizelge 4.3.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkisi .....	25
<b>Çizelge 4.4.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi.....	27
<b>Çizelge 4.5.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın arilsülfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi.....	29
<b>Çizelge 4.6.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi .....	31
<b>Çizelge 4.7.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamasının toprağın pH değerine etkisi .....	33
<b>Çizelge 4.8.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın organik madde içeriği üzerine etkisi .....	34
<b>Çizelge 4.9.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın toplam N, alınabilir P ve K içerikleri üzerine etkisi.....	36
<b>Çizelge4.10.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın alınabilir makro ve mikro element içeriği üzerine etkisi .....	39
<b>Çizelge4.11.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinde boy yaprak yaş ağırlığı ve yaprak kuru ağırlığı üzerine etkileri.....	42

## SİMGELER ve KISALTMALAR

<b>AG</b>	:	Ahır gübresi
<b>B</b>	:	Biyokömür
<b>Ca</b>	:	Kalsiyum
<b>Cu</b>	:	Bakır
<b>Fe</b>	:	Demir
<b>K</b>	:	Potasyum
<b>Mg</b>	:	Magnezyum
<b>Mn</b>	:	Mangan
<b>N</b>	:	Azot
<b>Na</b>	:	Sodyum
<b>P</b>	:	Fosfor
<b>Zn</b>	:	Çinko

## EK LİSTESİ

<u>Ekler No</u>		<u>Sayfa</u>
<b>Ek. 1.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların CO <sub>2</sub> Oluşumu üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	57
<b>Ek.2.</b>	Saksı denemesinde farklı organik materyallerden hazırlanan ortam topraklarında ki mikrobiyal biyomas karbonvaryans analiz sonuçları .....	57
<b>Ek. 3.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgilivaryans analiz sonuçları .....	57
<b>Ek. 4.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili varyansanaliz sonuçları .....	58
<b>Ek. 5.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların arilsülfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili varyasanaliz sonuçları .....	58
<b>Ek. 6.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgilivaryans analiz sonuçları .....	58
<b>Ek. 7.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların pH değeri üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	59
<b>Ek. 8.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların organik madde içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyansanaliz sonuçları .....	59
<b>Ek. 9.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların Toplan N içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	59
<b>Ek. 10.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir P içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	60
<b>Ek. 11.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir K içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	60
<b>Ek. 12.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Na içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	60
<b>Ek. 13.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Mg içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	61
<b>Ek. 14.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Ca içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	61
<b>Ek. 15.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Fe içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	61
<b>Ek. 16.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Cu içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	62
<b>Ek. 17.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Zn içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	62
<b>Ek. 18.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Mn içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	62
<b>Ek. 19.</b>	Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinin boyu üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları .....	63

- Ek. 20.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinin yaş ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları.....63
- Ek. 21.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinin kuru ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları.....63



## 1.GİRİŞ

İnsan nüfusu geometrik bir dizi ile artarken, gıdaya olan talep de kaçınılmaz olarak aynı hızla yükselmektedir. Gıda talebini mümkün olduğunca hızlı karşılayabilme çabası, çok çeşitli kimyasal girdilerin tarımsal üretim süreçlerine sokulmasına neden olmuştur. Her ne kadar kimyasal gübre çeşitleri üretimi önemli ölçüde hızlandıran bir faktör olsa da, çevre ve insan sağlığı açısından tahrip edici yönü uzun vadede dezavantajlı bir konuma getirmiş ve bilim insanlarını çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Bu doğrultuda; doğa ile uyumlu, hayvansal ve bitkisel üretimde verim parametresi kimyasal kadar yüksek, alan yönünden dar olan tarım uygulamalarında etkili sonuçlar veren, dahası çevre ve insan sağlığı için faydalı, kimyasal gübre kullanımını minimuma indirmeyi hedefleyen organik toprak düzenleyiciler değerlendirilmektedir.

Çevre kirliliği, iklim değişikliği ve hızlı nüfus artışının yanı sıra insan baskısı nedeni ile tarım alanları dramatik biçimde azalmaktadır. (Lal, 2009). Ayrıca, toprak bozulması, iklim değişikliğinin artması, erozyon, toprakta organik madde kaybı da tarımsal üretimin giderek artan gıda ihtiyacının karşılanması konusunda yeterli olamamasına neden faktörler arasındadır.

Dolayısı ile sürdürülebilirliğin olumsuz çevresel etkilerini ve tarım alanlarının düşük verimle ve amaç dışı kullanımını azaltmak gerekmektedir. Tarım topraklarındaki organik madde miktarının artırılması ve toprak organizmaları için uygun ortamın sağlanması, korunması ve sürdürülmesine dönük tarımsal yöntemlerin kullanılması, insanlığın geleceğini yaşamsal düzeyde tehdit eden gıda krizinin önleyici tedbirleri arasında önem arz etmektedir.

Organik tarımda kimyasal gübrenin karşılığı olarak organik gübrelerin kullanılması, toprak organik maddesinin ve mikrobiyolojik aktivitenin artırılmasına yardımcı olmaktadır. Organik tarımda amaç; su, toprak ve hava kirliliğine neden olmadan, bitki, çevre, insan ve hayvan sağlığının korunmasıdır (Kızılaslan ve ark., 2012). Organik maddenin zenginleştirilmesi amacı ile kullanılan organik materyaller arasında sığır gübresi, olgunlaşmış ahır gübresi, at gübresi, koyun gübresi gibi organik materyaller vardır (Gül ve ark., 2000). Ahır gübresi tarım toprağını düzenlemekle kalmaz aynı

zamanda bitkisel üretim yapılan toprakta gerekli olan bitki besin maddesini de sağlar (Kacar, 1994).

Hayvansal gübreler, toprağa önemli düzeyde birincil elementlerden azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi ana besin maddeleri katkısının yanı sıra bitkiler için gerekli diğer mineralleri de temin etmektedir. Üretim açısından toprağın genel yapısını düzenleyerek bitki gelişimi için uygun hale getirmekte, mikroorganizma popülasyonunda artış sağlamakta ve toprağın su tutma kapasitesini artırmaktadır (Konca ve Uzun, 2012). Uygun bir şekilde olgunlaştırılıp toprağa uygulandığında ticari gübrelere göre daha iyi ve ekonomik bir besin maddesi sağlayıcısıdır (Kaçar ve Katkat, 2009).

Tarımsal üretimde organik gübre kullanımı ve kullanılan bu toprak düzenleyicilerin yeterliliği ve niteliğinin yükseltilmesi; bitkinin doğal düşmanlarından yararlanılması ve fiziksel dayanımının artırılması, ekim nöbeti, toprak korunması gibi birçok çevre dostu yönetimi öngören ve üretimde kalite parametrelerini yükselterek ürün miktarında artışı hedefleyen alternatif üretim olanakları sunmaktadır (Aksoy ve ark., 2007).

Doğal gübreleme sisteminin yanında, kaliteyi artırmak için birçok yan ürün denenmiş; bu yan ürünlerden en çok kullanılanı da, çevresel kirliliğe sebep olan bitkisel ve odunsu atıkların tarım toprakları üzerinde yakılması yerine, bu materyallerin de geri dönüşüm olarak toprağa kazandırılması olmuştur. Bu uygulama ile bitki besin elementi alınabilirliğinin sağlanmasının yanı sıra piroliz yöntemi ile tarım topraklarında kalıntı olarak oluşan odunsu yan ürünlerin neden olduğu çevre kirliliğinin de ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

Organik gübrelerin desteklenmesi amacı ile yararlanılan ve kullanımı ile tarım topraklarında üretim desteklendiğinde daha etkili ve verimi artıran biyokömüre ilginin tarihi geçmişe dayanmaktadır. Söz konusu organik toprak düzenleyicisine ilişkin öncü araştırmaların fide yetiştiriciliği (Retan, 1915) ve toprak kimyası (Tyron, 1948) konusunda gerçekleştirildiği görülmektedir. Belirtilen araştırmalardan çok daha önce Çin'de gerçekleştirilmiş olan bir uygulamada atık biyokütlenin kömürleştirilip gübre olarak kullanıldığı tesbit edilmiştir (Liebig, 1878). Biyokömür merkezli araştırmaların Japonya'da 80'lerin ilk çeyreğinden başlayarak dikkat çekici biçimde yoğunlaştığı

anlaşılmaktadır (Kishimoto ve Sugiura, 1980). Tüm bu araştırmalara karşın biyokömüre ilişkin küresel ilginin özellikle 2000'lerin ikinci çeyreği ile yükselmiş ülkemizde ise yeni tanınmaya başlanmıştır.

Biyokömür'den faydalanılmasının toplumsal ve ekonomik yararları olarak; iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması, atık yönetimi, enerji üretimi ve toprak düzenleme faktörlerinin kesiştiği bir yarar alanı vurgulanmaktadır (Lehmann, 2007).

Biyokömür, oksijensiz ortamda organik maddelerin pirolizi ya da çok az oksijen ile gazlaştırma işlemi sonucu elde edilen yüksek karbon ve mineral madde içeren yeni ürüne verilen addır (Lehmann, 2007). Organik karbon açısından oldukça zengin olan biyokömürün yakılması ile Ca, Mg ve inorganik karbonatlardan oluşan bir kül elde edilmektedir. Bu yüksek karbonlu organik düzenleyici, oksijen ve hidrojen olmaksızın birbirine bağlanan altı karbon atomu zincirinden oluşan aromatik yapıda bir materyal olarak tanımlanmaktadır. Karbon atomlarının oksijen ve hidrojen olmaksızın birbirine bağlanması daha fazla atomun organik materyalde bulunmaması bakımından avantajlı bir durum kabul edilmektedir (Lehmann ve Joseph, 2009). Biyokömür için en başat kalite ölçütleri yüksek katyon değişim kapasitesi, adsorbsiyon ve bileşenlerin düşük taşınabilirliği olarak belirtilmektedir (Glaser ve ark., 2002; Liang ve ark., 2006; McClellan ve ark., 2007; McLaughlin ve ark., 2009).

Biyokömür, enerji üretimindeki yüksek kapasiteye sahip kullanımının yanı sıra, toprak verimliliğinin ve toprakların organik madde içeriğinin iyileştirilmesi, ağır metallerin su ve topraktan uzaklaştırılması amacına da hizmet eden bir materyal olma özelliğini de taşımaktadır (Ni ve ark., 2006; Lehmann, 2007).

Üretildiği şartlar ve kullanılan organik maddenin türü ile biyokömür, toprak ıslahı sahasında da yararlanılma potansiyeline sahip bir organik düzenleyicidir. (McClellan ve ark., 2007; McLaughlin ve ark., 2009). Biyokömürün en bilinen ve yaygın kullanımı, toprağın içine ilave edilmesi biçimindedir. Bunun yanısıra toprak yüzeyine; diğer organik materyaller ile birlikte, kompost, malç ile karıştırılarak ya da ince öğütülmüş sıvı bir bulamaç şeklinde elle veya makine ile serilerek uygulanabilir. Ayrıca bir kompost bileşeni olarak bu organik düzenleyici, mikrobiyal aktiviteyi artıran ve kompostlama süresince besin kayıplarını azaltan sinerjetik etkilere sahiptir. (Dias ve ark., 2010).



Tarımsal üretimde biyokömür kullanımı üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda, biyokömürün toprağa karıştırılması sonrasında bitki gelişimini iyileştirici yönde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir (Cheng ve ark., 2006; Major ve ark., 2010). Biyokömürün toprağa uygulanması ile; gübre ihtiyacının %10'a varan oranlarda azaltılması, toprak reaksiyonunun artırılması, alüminyum toksitesinin azaltılması, yararlı mantar hiflerinin artırılarak toprağın biyolojik yapısının düzenlenmesine katkı sağlanması, topraktaki mevcut besinlerin tutulması (NPK), C mineralizasyonunun artırılması, azot fiksasyonunun dengelenmesi, kation değişim kapasitesinin %50 oranında artırılması, toprak geçirgenliğinin yükseltilmesi gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler üzerine uzun vadede etkiler elde edilebileceği ifade edilmektedir (Jeffery ve ark., 2011).

Özetle, dramatik biçimde yükselen dünya nüfusunun aynı hızda artan gıda ihtiyacına karşılık verebilmek için kullanılan çeşitli kimyasal gübreler, neden oldukları çevre kirliliğinin yanı sıra insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir. Kimyasal gübrelerin, gıda talebinin karşılanmasındaki hızlandırıcı rolüne rağmen neden olduğu son derece olumsuz etkiler bilim insanlarını organik toprak düzenleyicileri tercih etmek doğrultusunda yönlendirmiştir. Yüksek karbon ve mineral madde içeren biyokömürün toprak düzenleyicisi olarak kimyasal olana alternatif kullanım imkânları, biyokömürü üzerinde çalışmaya değer kılmaktadır.

Çalışmanın gerçekleştirildiği coğrafyanın en önemli tarım ürünü olan fındığın (Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi) yakacak olmak dışında ticari değeri olmayan kabuğunun değerlendirilebilmesinin mümkün olup olmayacağı ele alınmıştır. Bu çalışmada, fındık kabuğundan elde edilen biyokömür ile olgunlaşmış ahır gübresinin farklı oranlarda karıştırılması sonucunda oluşturulan organik kökenli materyallerin; domates bitkisinin kök bölgesi ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasının amacı; geniş C/N oranına sahip olan biyokömürün hayvan gübresi ile birlikte farklı dozlarda uygulanan toprakta yetişen domates bitkisinin bazı toprak enzimleri, C mineralizasyonu, mikrobiyal biyomas ve diğer toprak özellikleri ile ilişkisini ortaya koymaktır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Organik kökenli malzemelerin yakılması sonucu ortaya çıkan proliz termokimyasal ayrışma süreci ile zengin karbonlu materyal elde edilmiş olur (Demirbaş ve Arin, 2002). Bir başka deyişle biyokömür biyolojik kökenli kaynakların piroliz sonucu kömürleştirilmesiyle oluşan organik kaynaklı bir üründür ve esas olarak kararlı organik karbon formlarına sahiptir. (Sohi ve ark., 2010). Biyokömür, organik bileşikler gibi reaktif moleküller ile reaksiyona girdiği veya bu molekülleri adsorbe ettiği (Hilber ve ark., 2009) ve son aşamada biyolojik varlığı potansiyel olarak değiştirdiği (Yang ve ark., 2009) bilinen aktif karbona benzetilmektedir (Bailey ve ark., 2011). Biyokömür, küçük bir alanda milyonlarca küçük gözenekten oluşan bir yapıya sahiptir. Bu gözenekli yapı; bakteri, mantar ve diğer mikroorganizmaların tutunmasına olanak sağlar ki bu da toprağın mikroorganizma sayısının artmasını sağlayıp bitkilerde yararlı azot kullanılabilirliğini artırmaktadır. Ayrıca, biyokömür toprağın kimyasal yapısının geliştirme ve bitki gelişimini artırma niteliği taşımaktadır. Bununla birlikte bitki besin maddelerini bünyesinde saklamak yolu ile besinin kullanılabilirliğini artırır. Fiziksel olarak ise kütle yoğunluğu ve su tutma kapasitesini olumlu yönde etkiler. Biyolojik olarak ise mikrobiyolojik popülasyonunu artırarak ayrışmanın hızlanmasını ve organik maddenin artmasını sağlar (Glaser ve ark., 2002). Tarım sonrası organik kalıntılar toprağa doğrudan uygulanabildiği gibi bazıları kompostlanarak veya piroliz edilerek biyokömür haline getirilerek birtakım özellikleri iyileştirildikten sonra uygulanabilmektedir (Kaya, 2016).

Biyokömür organik besin maddeleri ile birlikte desteklendiğinde toprağın verimliliğini ve tarımın üretkenliğini artırmaktadır. Bunların yanında biyolojik çeşitliliği artıracak potansiyel bir karbon kaynağıdır (Fowles, 2007; Larson, 2007; Lehmann ve ark., 2008) ve toprağa etkisi çok büyüktür (Sohi ve ark., 2010). Amazon Havzası'nın nemli tropik bölgelerindeki topraklardan 70 kat daha fazla biyokömüre (araştırmada biyokömür için "siyah karbon" ifadesi kullanılmaktadır) sahip olan Terra Preta topraklarındaki yüksek düzeyde sürdürülebilir verimlilik biyokömürün yüksek karbon potansiyeli ile açıklanmaktadır (Glaser ve ark., 2001; O'Neill ve ark., 2009).

Lehmann ve Rondon, (2006), Kolb ve ark., (2009) ve Jeffery ve ark., (2011)'na göre farklı materyallerden farklı metotlar kullanılarak elde edilen biyokömürlerin tarımsal

amaçlı toprak iyileştirici olarak değerlendirildiğinde toprağa sağladığı faydalar genel olarak şu şekilde sıralanmıştır: Biyokömür uygulamaları, besin maddelerinin yıkanmasını engellemiş, KDK'yı artırmış, toprakta kullanılan biyokömürün özelliğine bağlı olarak toprak pH'sını değiştirmiş, toprağın su tutma kapasitesini artırmıştır.

Yapılan araştırmalar özellikle organik maddenin hızlı bir şekilde ayrıştığı tropik iklim kuşağında biyokömürün önemli bir toprak düzenleyicisi rolü üstlendiğini göstermektedir (Novotny ve ark., 2009; Steiner ve ark., 2007; Major ve ark., 2010; Petter ve ark., 2012; Kara, 2016). Ayrıca toprak ile karıştırılan biyokömürün, toprağın organik madde içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Warnock ve ark., 2007; Steiner ve ark., 2008).

Rondon ve ark., (2007), yaptıkları çalışmada, *Eucalyptus deglupta*'dan 350°C'de piroliz yoluyla ürettikleri biyokömürün; pH değerinin 7.0; C içeriğinin 824 g/kg ve azot (N) ile fosfor (P) içeriğinin sırasıyla, 5.73 ve 0.6 g/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Pastor-Villegas ve ark., (2006) ise okaliptüs ağacından elde edilen biyokömürün, diğer odunlardan elde edilenlere göre daha yüksek stabil karbon içeriği ve poroziteye sahip olduğunu saptamışlardır (Kara, 2016). Biyokütle gibi karbon içeriği yüksek hammaddeler için uygulanan termokimyasal bir işlemde atmosferik koşullar altında, oksijensiz ortamda 250°C, 350°C ve 450°C sıcaklık aralığında karışık atıklardan oluşturulan materyaller denenmiş, verim ve kalite açısından parametreler incelendiğinde en ideal sonucun 250-350°C'deki sıcaklık aralığında olduğu tespit edilmiştir (Olgun, 2014).

Gaunt ve ark., (2008) yapmış oldukları çalışmada, biyokömür uygulaması ile toprak biyolojik aktivitesinin ve bununla birlikte CO<sub>2</sub> üretiminin, dolayısıyla biyokömürün mineralizasyonun arttığını belirlemişlerdir. Atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltmak amacıyla biyokömür uygulamasının CO<sub>2</sub> üretimini artırması, olumsuz bir sonuç olarak değerlendirilmekle birlikte, toprağa kazandırılan karbon ile topraktan CO<sub>2</sub> oluşumu yoluyla azalan karbon karşılaştırıldığında, biyokömür uygulamasının atmosfer CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu azaltmada etkili olduğu da araştırmacılar tarafından bildirilmektedir.

Antepfıstığı dış kabuğu biyokömürü (FDBK) uygulamalarının, toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla, Harran Ovası İkizce serisi toprağı ve FDKB kullanılarak 180 günlük bir inkübasyon çalışması kurulmuştur. İnkübasyon

denemesinin 15, 60, 120 ve 180. günlerinde toprak örneklemeleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda organik madde için en yüksek değerin 15. gün % 2.4 olduğu saptanmıştır. Bu çerçevede antepfıstığı dış kabuğu biyokömürünün topraklarda organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilecek bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir (Saygan ve Aydemir, 2016).

Biyokömürün, buğday anızı ile birlikte uygulandığı bir araştırmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tek başına biyokömür uygulamasının toprağın CO<sub>2</sub> üretimini kontrol uygulamasına oranla istatistiksel olarak artırmadığı belirlenmiştir. Buğday anızı tek başına ve biyokömür ile birlikte uygulandığında ise CO<sub>2</sub> üretiminin kontrol uygulamasına oranla belirgin olarak arttığı, en yüksek değerin ise buğday anızı ile biyokömürün beraber uygulandığı uygulamadan elde edildiği görülmüştür. (Lehman ve ark., 2009).

Biyokömürün, yüzey alanı ve gözenek yapısının artmasından dolayı uygulandığı topraktaki KDK değerinde de değişikliğe sebep olduğu belirlenmiştir (Jeffery ve ark., 2011).

Hindistan'da pH değeri 8.42 olan bir toprak kullanılarak prosopis ağaçlarından elde edilen biyokömürün (pH 7.57) farklı dozları (% 0, 1, 2, 3, 4 ve 5) 5 kg toprak örneği ile karıştırılmış ve 90 gün süresince 25 ± 2 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Deneme sonuçlarına göre; inkübasyon süresince farklı oranlarda biyokömür uygulandığında toprak pH'sı 7.92'ye düşmüş ve başlangıçta KDK 17.9 cmol kg<sup>-1</sup> iken % 5 biyokömür uygulamalarında 19.47 cmol kg<sup>-1</sup> değerine yükselerek önemli bir artış gözlenmiştir. Biyokömür uygulanma oranının artması ile organik C içeriği inkübasyonun 90.'cı gününde daha da artmıştır. Mineral N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) değerlerinde ise inkübasyon süresinin artması ile önemli bir azalma gözlemlenmiştir (Shenbagavalli ve Mahimairaja, 2012).

Düşük organik karbon içeriği ve düşük kation değişim kapasitesine sahip olan toprakların, biyokömür uygulaması sonucu bitkisel üretimde gelişim göstermeye yatkın olduğu belirtilmiştir. Buna rağmen, genel anlamda da biyokömür çalışmaları üzerinden yürütülen meta-analiz sonucunda genellikle bitki veriminde pozitif yönde bir değişim olduğu belirlenmiştir (Jeffery ve ark., 2011; Biederman ve Harpole, 2013; Liu ve ark., 2013).

Prost ve ark., (2013) kompost yapılırken içine bir miktar biyokömür karıştırılmasının ortaya çıkan CO<sub>2</sub> ve diğer gazların emisyonlarını azalttığını, kompostu steril hale getirdiğini ve kation değişim kapasitesi değerini artırdığını açıklamışlardır.

Biyokömür uygulamalarının toprakta C tutulması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu Lu ve ark., (2014) ve Saygan ve Aydemir, (2016) tarafından belirlenmiştir.

Biyokömür uygulama dozu arttıkça toprakta bitkice alınabilir P, K, Na ve Zn ile pH, EC ve organik madde artmış, biyokömür uygulamaları ile bitki kuru maddesi ve yaprakta N, K, Ca ve Zn içeriğinde artış saptanmıştır (Majeed, 2014).

Biyokömürün topraktaki; kation değişim kapasitesi üzerine %50 artış sağladığı (Glaser, 2002). Metan emisyonunu % 100 azalttığı (Rondon ve ark., 2005). Topraktaki % CaCO<sub>3</sub> değerini artırarak toprak pH'sını düzenlediği (Lehman, 2006). Biyolojik azot fiksasyonunu % 50 - % 72 artırdığı (Lehmann ve ark., 2006). Gübre verimliliğini %10- %30 artırdığı (Gaunt ve Cowie, 2009) çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Amerika Birleşik Devletlerinin güneydoğusunda yapılan denemede alınan Ultisol topraklara yer fıstığı gövdesi biyokömürü ve çam kabuğu biyokömürü eklenerek mısır bitkisi gelişim parametreleri değerlendirilmiş; yerfıstığından elde edilen biyokömürün eklendiği topraklarda K, Ca, Mg değerleri artmış, çam kabuğundan elde edilen biyokömürün eklendiği topraklarda ise pH değeri düşmüş fakat Ca değerinde artış gözlenmiştir (Gaskin ve ark., 2007).

Toprak düzenleyicisi olarak biyokömürün fizikokimyasal özelliğinin kullanıldığı bir çalışmada ise biyokömürün toprağa uygulanması ile toprağın su tutma kapasitesinde artış, bitki besin elementlerinin daha etkin kullanımı, daha gelişmiş toprak verimliliği ve bitkisel üretimde artış elde edildiği ifade edilmiştir (Krull ve ark., 2009; Glaser ve ark., 2002).

Asidik toprağa biyokömür uygulanan bir çalışmada ise yetiştirilen mısır bitkilerinin uzunluğunun 40 gün sonrasında, kontrol topraklarında 27.1 cm iken biyokömür uygulanmış toprakta 53.4 cm'ye ulaştığı; bitki başına toplam kök biyokütlesi biyokömürsüz topraklarda 10.1 g iken; biyokömür uygulanmış topraklarda 38.4 g'a kadar yükselmiş olduğu tespit edilmiştir. (Rodriguez ve ark., 2009).

Mısır bitkisi yetiştirilen tarım toprağına yapılan farklı bir biyokömür uygulaması çalışmasında, tarım toprağına 20 t/ha dozunda biyokömür uygulanması ile mısır

bitkisinde toprak altı ve toprak üstü değişimler incelenmiştir. Biyokömür uygulamasının uygulandığı toprakta mısır kök uzunluğu yoğunluğunu (kök uzunluğu/toprak hacmi)  $6.88 \text{ mg/cm}^3$  değerinden  $7.55 \text{ mg/cm}^3$ 'e çıkardığı saptanmıştır (Prendergast ve Miller, 2011).

Bir başka çalışmada çeşitli organik materyallerden (kavak, okaliptüs, pamuk hasat artığı ve pirina) elde edilen biyokömür yine mısır bitkisi yetiştirilen tarım toprağına uygulanmıştır. Deneme sonunda toprakların kontrol toprağına kıyasla N, P, K içerikleri ile organik madde miktarlarının artmış olduğu, ayrıca özellikle kavak ve pirina biyokömürü uygulaması yapılan saksılardaki mısır bitkilerinin boylarında değişik miktarlarda artışlar olduğu bildirilmiştir (Kara, 2016).

Hindistancevizinden elde edilen biyokömürün uygulandığı toprakta, biber ve domates bitkisi yetiştirilmiş ve uygulama sonrasında biber bitkisinde yaprak alanı, düğüm sayısı, tomurcuk ve çiçek-meyve veriminde kontrol toprağına göre artışlar gözlenmiştir. Domates bitkisinde de boylanma ve yaprak büyüklüğünde artış gözlemlenmesine karşın çiçek-meyve verimi üzerinde biyokömür uygulamasının etkisinin olmadığı ifade edilmiştir (Graber ve Meller, 2010).

Tahıl atıklarından oluşturulan biyokömürün kinoa bitkisi üzerine etkisine yönelik bir sera çalışması yürütülmüş; bitkide su kullanımı ve sera gazı salınımının fiziksel parametreler üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Biyokömür uygulanan bitkilerde daha büyük yaprak alanları gözlenmiş, bununla birlikte biyokömür uygulanmayan topraklarda daha az  $\text{CO}_{\text{Ca}}$  salınımı gerçekleştirilirken biyomas uygulaması yapılan topraklarda salınımın daha fazla olduğu ve bu topraklarda  $\text{N}_2\text{O}$  emisyonu oldukça az olduğu belirlenmiştir (Kammann ve ark., 2011).

Biyokömürün topraktaki biyolojik aktivite parametrelerini değiştirip değiştirmeyeceğini belirlemek için çimen materyalinden hızlı piroliz sonucu elde edilen biyokömür ile yapılan bir başka çalışmada, toprak enzimleri ( $\beta$ -glukozidaz,  $\beta$ -N-asetil glukozaminidaz, lipaz ve lösin aminopeptidaz) incelenmiştir. Uygulama sonucunda;  $\beta$ -glukosidaz aktivitesi artmış,  $\beta$ -N-asetil glukozaminidaz'ın, toprağın biyokömüre maruz kalmasını takiben % 50-75 oranında arttığı ve enzim fonksiyonunun kimyasal olarak zenginleştirildiği diğer enzimlerde ise azalma olduğu gözlemlenmiştir. Biyokömürün toprağa uygulanmasından 7 gün sonra, biyokütlenin bazı enzim aktivitelerinin arttığı saptanmış olup bu durum biyokömür ile mikrobiyal

aktivitenin uyarılmasına ya da başlangıçta değişken olan biyokömür karbonuna tepki olarak biyokütlenin artmasına bağlanmıştır. (Bailey ve ark., 2011).

Majeed, (2014) tarafından yürütölen çalışma da (çam, kavak ve meşe), dört biyokömür dozunun (0, % 1, % 2 ve % 4) ve dört farklı azot dozunun (0, 70, 140 ve 210 mg/kg) toprak verimliliği ve mısır bitkisinin gelişimi, besin maddeleri alımı ve enzim aktiviteleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürütölmüştür. Biyokömür çeşidi toprak ve bitki parametrelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Biyokömür uygulama dozu arttıkça toprakta bitkice alınabilir P, K, Na ve Zn ile pH, EC ve organik madde artmış; fakat Ca içeriği azalmıştır.



### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

Sera koşulları altında yürütülen denemede, 0-30 cm derinlikten alınan killi tın tekstüre sahip toprak kullanılmıştır. Organik materyal olarak, Ordu İlinde temin edilen fındık kabuğu biyokömür haline getirilmiştir. Biyokömür üretimi ile ilgili olarak üretim sıcaklığı 380°C; üretim süresi ise 270 dakikadır. Üretim, sistemden yanıcı gazlar da dâhil olmak üzere gaz çıkışının bitimine kadar devam etmiştir. Olgunlaşmış ahır gübresi ise Ordu ili Mesudiye İlçesindeki çiftçiden temin edilmiştir. Bitki materyali olarak Alsancak domates fidesi kullanılmıştır. Deneme kurulmadan önce, toprak örneğinin temel bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Çizelge 3.1.)

**Çizelge 3.1.** Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Bünye	Killi-tın
Kum (%)	31.84
Kil (%)	36.16
Silt (%)	32.0
pH	6.46
EC (mmhos/cm)	0.19
Organik madde (%)	1.8
Kireç (%)	5.3
Alınabilir N (%)	0.045
Değişebilir P (mg kg <sup>-1</sup> )	6.7
Değişebilir K(mg kg <sup>-1</sup> )	57.1

Deneme de kullanılan toprak killi-tınlı bünyeye sahip olup pH değeri (6.46) hafif asit ve tuzluluk sorunu taşımamaktadır. Organik madde düzeyi % 1.8, N içeriği % 0.045, P içeriği 6.7 mg kg<sup>-1</sup> ve K içeriği 57.1 mg kg<sup>-1</sup> dir.



### 3.2.Yöntem

Organik materyal olarak kullanılan olgunlaşmış ahır gübresi ve biyokömür organik kökenli materyaller olup, sahip oldukları özellikler bakımından birbirini tamamlar niteliktedir. Denemede kullanılan yanmış ahır gübresi ve biyokömüre ait bazı kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Denemede materyal olarak kullanılan biyokömür ve ahır gübresine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Materyal	C (%)	N (%)	pH	K (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )
Ahır Gübresi	26.4	1.32	7.6	1.24	1.12	-	-
Biyokömür	81	1.17	9.24	0.33	-	1690	10.40

### 3.3. Denemenin Kurulması

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre, 6 uygulama konusu 9 tekerrürlü olacak şekilde 3' er kg' lık 8 nolu 54 saklı ile yürütülmüştür. Toprak örnekleriyle biyokömür ve ahır gübresi değişik oranlarda karıştırılarak çeşitli ortamlar hazırlanmıştır. Karışım oranları 1 hektar toprağa karıştırılan materyal miktarları dikkate alınarak belirlenmiştir.

Saksı denemesi için 16 Mayıs 2016 tarihinde, domates bitkilerinin yetiştirileceği her saksıda 3 kg toprak ile fındık biyokömürünün 0 – 5 – 10 – 15 - 20 ton/ha ve olgunlaşmış ahır gübresinin 5 – 10 - 20 ton/ha dozlarının oransal olarak karıştırılmış ve tesadüf parselleri deneme desenine göre, 9 tekrar olmak üzere saksılar hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan saksılar, ortamdaki iç dinamiklerin stabil hale gelmesi amacıyla 24 saat bekletilmiştir. 24 saatin sonunda bitki materyali olarak kullanılan Alsancak çeşidi olan domates fidesi her bir saksıya 1 fide olacak şekilde dikim yapılmıştır. Hazırlanan karışımlar şöyledir (Çizelge 3.3) :

**Çizelge 3.3.** Saksı denemesi uygulama konuları

K	Kontrol	I
(BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub> )	10gr BK - 10gr AG (6 adet )	II
(BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub> )	10gr BK – 20gr AG (6 adet )	III
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	20gr BK – 10gr AG (6 adet )	IV
(BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub> )	20gr BK – 20gr AG (6 adet )	V
(BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub> )	30gr BK – 10gr AG (6 adet )	VI
(BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub> )	30gr BK – 20gr AG (6 adet )	VII
BK <sub>20</sub>	40 gr BK - (6 adet )	VIII
AG <sub>20</sub>	40 gr AG - (6 adet )	IX

Dikimle beraber temel gübreleme olarak K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 100 ppm K/saksı ve 125 ppm P/saksı ve Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> formunda 100 ppm N/saksı gübreleri uygulanmıştır. Deneme deseni Çizelge 3.4 ' te verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Deneme deseni

I	IX	I	IX	I	XI
II	VIII	II	VIII	II	VIII
III	VII	III	VII	III	VII
IV	VI	IV	VI	IV	VI
V	V	V	V	V	V
VI	IV	VI	IV	VI	IV
VII	III	VII	III	VII	III
VIII	II	VIII	II	VIII	II
IX	I	IX	I	IX	I

Bu işlemlerden sonra tüm saksılar sulanmıştır. Hava koşulları ve toprak nemine göre belli aralıklarla sulama yapılmıştır. 1 hafta sonunda düzenli olarak kontrolleri ve sulaması yapılan bitkiler gelişim göstermeye başlayıp, her bir fide çiçeklenme dönemine gelene kadar gözlemlenmiştir. 1 Temmuz 2016 tarihinde saksı denemesi hasat edilmiş ve 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 mikrobiyolojik analizlere başlanmıştır.



Şekil 3.1. Deneme Toprağı



Şekil 3.2. Dikim Sonrası Görünüm

Gelişim gösteren domates fidesi boylanmaları sonucunda koltuk alma işlemi ve toprağı havalandırma işlemi gerçekleştirilerek 1.5 metre yüksekliğe sahip olan fide askıya alınmış, çiçeklenme çıkışı gözlenmiştir.



Şekil 3.3. Askıya Alma

Düzenli sulama ve yabancı ot kontrolü yapılan deneme günlük olarak kontrol edilerek çiçeklenme gözlemlenmesi yapılmıştır.



Şekil 3.4. Koltuk Alma İşlemi Sırasında Seradan Görünüm



**Şekil 3.5.** Meyve oluşumu

### **3.4. Toprak Örneklerinde Kullanılan Analiz Yöntemleri**

#### **Bünye:**

Bouyoucos hidrometre metodu ile 40. saniye hidrometre okuma değeri ve 2. saat 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).

**Toplam Azot:**

Modifiye makro kjeldahl yöntemine göre salisilik-sülfirik asit karışımıyla yaş yakılan ve destilasyon işlemiyle borik asit indikatör karışımına alınan örnekler  $H_2SO_4$  ile titre edilmiştir (Bremmer, 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 İyonlar:**

Toprak örnekleri 1 N nötr  $NH_4OAc$  ile ekstrakte edilmiş, değişebilir Na ve K fleymfotometre ile Ca ve Mg ise EDTA ile titrimetrik olarak saptanmıştır (Sağlam, 1997).

**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).

### **Arilsülfataz Enzim Aktivitesi**

Toprak örneklerinin arilsülfataz aktivitesi Tabatabai ve Bremner (1970) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla, toprak örnekleri üzerine asetat tampon (pH 5.5) ve p-nitrofenil sülfat çözeltisi ilave edilmiş, 1 saat süre ile 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan p-nitrofenol 410 nm'de spektrofotometre de belirlenmiş, elde edilen sonuçlar µg p-nitrofenol (p-NF) g<sup>-1</sup> kuru toprak cinsinden ifade edilmiştir.

### **Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi**

Tamponlanmış p-nitrofenil fosfat çözeltisi ilaveli toprakların 1 saat 37°C'de inkübasyonundan sonra ortaya çıkan fosfomonoesterazların pH=11 olan NaOH ile renklendirilmesi sonucu 400 nm'de fotometrik olarak ölçülmesi ile saptanmıştır (Tabatabai ve Bremner, 1969; Eivazi ve Tabatabai, 1977).

### **3.5. Bitki Örneklerinde Yapılan Analiz Yöntemleri**

#### **Bitki Boyu**

Toprak üzerinden itibaren bitkinin uç kısmına kadar olan bölümün cm olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir.

#### **Kök Ve Gövde Yaş Ağırlıkları**

Hasat sonrası, kök ve gövde kısmı kesilerek ayrılan bitkiler, temizlenip yıkandıktan sonra ağırlıkları kurulanıp tartılarak belirlenmiştir.

#### **Kök Ve Gövde Kuru Ağırlıkları**

Hasat sonrası, kök ve gövde kısmı kesilerek ayrılan bitkiler, temizlenip yıkandıktan sonra 65 °C deki kurutma fırınında 48 saat kurutularak kök, gövde ve toplam kuru madde miktarları ağırlık olarak belirlenmiştir (Kacar, 1984).

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

Çalışmada elde edilen sonuçların JUMP paket programı ile varyans analizleri yapılmış, önemli bulunan sonuçlar LSD testine göre gruplandırılmıştır.



## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. CO<sub>2</sub> Üretimi

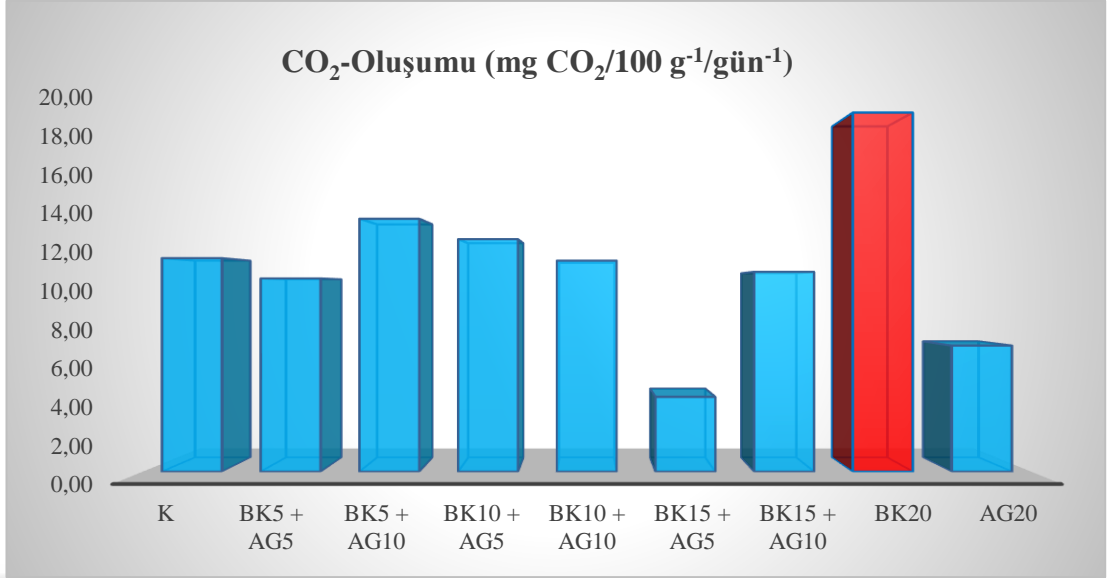
Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın CO<sub>2</sub> üretimi üzerine etkisine ait değerler Çizelge 4.1' de verilmiştir. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının CO<sub>2</sub> oluşumu üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakta CO<sub>2</sub> oluşumunu olumlu yönde etkilemiş ve artırmıştır. Deneme topraklarındaki CO<sub>2</sub> oluşumu değerleri 6.97 - 19.76 mg CO<sub>2</sub>/100 g<sup>-1</sup>/gün<sup>-1</sup> değerleri arasında tespit edilmiştir. En düşük değer AG<sub>20</sub> ortamında, en yüksek ise BK<sub>20</sub> ortamında belirlenmiş; bu uygulama ile 2.84 kat artış sağlanmıştır. Bu sonuç C oranı yüksek olan biyokömürün toprakta C mineralizasyonunu artırdığı ve topraklarda yaşayan canlı mikroorganizmaların solunumları sonucunda ortaya çıkan CO<sub>2</sub> miktarındaki artışı göstermektedir (Anderson, 1982). Topraklarda oluşan CO<sub>2</sub>'in çok büyük bir kısmını (% 66) toprakta canlıları (fauna ve mikroflora) meydana getirmekte ve bir kısmı da (% 34) bitki kökleri tarafından üretilmektedir (Haktanır ve Arçak, 1997). Organik kökenli atıkların ortamdaki toprak canlılarına substrat kaynağı olması ve bunun sonucunda artan popülasyonun ürettiği CO<sub>2</sub> 'in de buna bağlı olarak artmasından kaynaklanmaktadır (Kablan, 2005). Gaunt ve ark., (2008) biyokömür uygulaması ile toprakta biyolojik aktivite ve CO<sub>2</sub> üretiminin dolayısıyla biyokömürün mineralizasyonunun aynı doğrultuda arttığını bildirmiş olup bu tespit araştırma sonuçları ile uyumludur.

**Çizelge 4.1.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın CO<sub>2</sub> üretimi üzerine etkisi (mg CO<sub>2</sub>/100 g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>)

Ortamlar	CO <sub>2</sub> – Oluşumu
Kontrol	11.77 BC
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	10.66 C
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	13.93 B
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	12.81 BC
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	11.63 BC
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	14.14 B
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	11.02 C
BK <sub>20</sub>	19.76 A
AG <sub>20</sub>	6.97 D
LSD (p<0.01)	1.30123

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.

Kızılkaya ve ark., (1998), yaptığı bir çalışmada CO<sub>2</sub> oluşumu değerlerini 4.5 - 70.3 mg CO<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>gün<sup>-1</sup> arasında belirlemiştir. Cong tu. ve ark. (2004), hayvan gübresinden elde edilen beyazkömürün iki farklı dönemde CO<sub>2</sub> oluşum oranını 38 mg CO<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>gün<sup>-1</sup>' den 54 mg CO<sub>2</sub> 100 g<sup>-1</sup>gün<sup>-1</sup>'e yükseldiğini bildirmiştir. Topraklara ilave edilen organik atıkların tamamının CO<sub>2</sub> üretim miktarını artırıcı yönde etki ettiği belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> üretiminde en etkili ortamın BK<sub>20</sub> olduğu Şekil 4.1' de net bir şekilde görülmektedir.



**Şekil 4.1.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların CO<sub>2</sub> üretimi (mg CO<sub>2</sub>/100g<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>)

#### 4.2. Mikrobiyal Biyomas-C' daki Değişmeler

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın mikrobiyal biyomas-C üzerine etkisine ait sonuçlar Çizelge 4.2' de verilmiştir. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının mikrobiyal biyomas-C üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre mikrobiyal biyomas-C değerleri 1.44 - 3.16 mg biyomas-C 100 g.k.t<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Farklı oranlarda yapılan uygulamalar topraklardaki mikrobiyal biyomas-C değerini artırmış olup en düşük değere sahip ortam BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub>, en yüksek değere sahip olan ortam ise AG<sub>20</sub>, dozunda tespit edilmiştir. Farklı oranlardaki karışımlardan AG<sub>20</sub> ortamı mikrobiyal biyomas-C değerinde 2.20 kat artış sağlamıştır. Topraklara uygulanan organik gübrelemenin toprakta kolay değerlendirilebilir C kaynaklarından olduğu ve toprakta mikrobiyal biyomas-C değerini artırdığı bilinmektedir (Hassink ve ark., 1991). Karşılaşılan bu tablonun organik atıkların kimyasal yapısı ve C/N oranı ile ilgili olabileceği üzerine açıklamalar mevcuttur (Alexander, 1977; Smith ve ark., 1993; Hadas ve ark., 2004; Kızılkaya ve Bayraklı, 2005; Kablan, 2005).

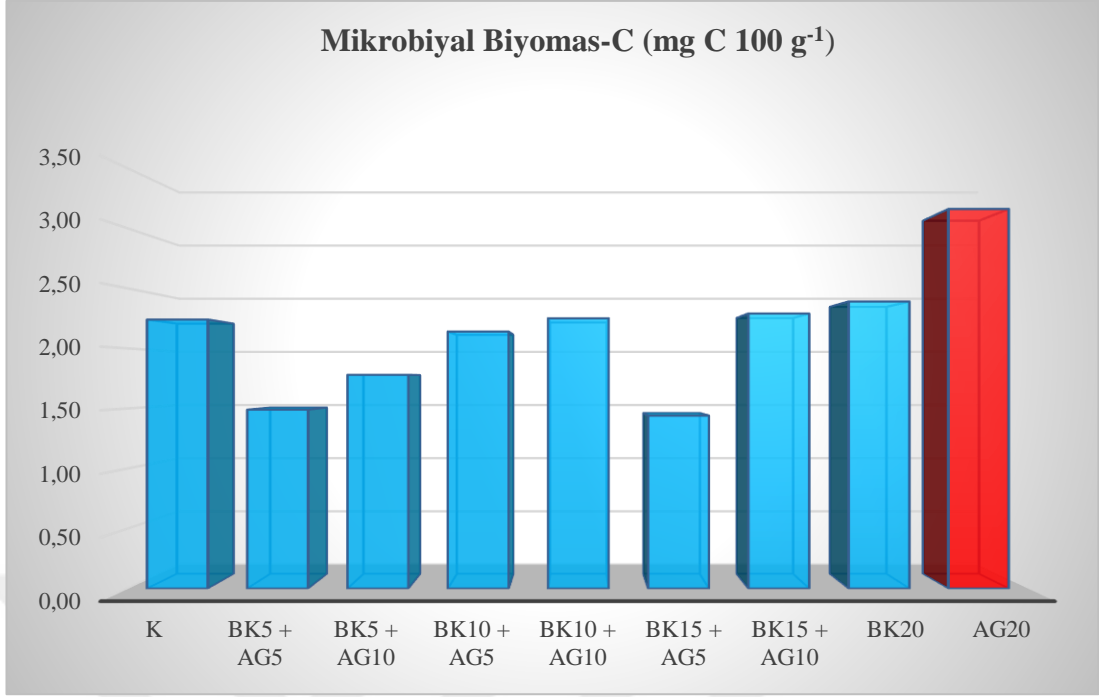
**Çizelge 4.2.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın mikrobiyal biyomas-C üretimi üzerine etkisi (mg biyomas-C 100 g.k.t<sup>-1</sup>)

Ortamlar	Mikrobiyal Biyomas-C
Kontrol	2.24 B
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	1.49 CD
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	1.78 C
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	2.14 B
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	2.25 B
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	1.44 D
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	2.29 B
BK <sub>20</sub>	2.39 B
AG <sub>20</sub>	3.16 A
LSD (p<0.01)	0.15881

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.

Çeşitli araştırmacılar tarafından C/N oranı dar olan organik atıkların mikrobiyal biyomas değerlerinin, C/N oranı geniş olanlara göre daha yüksek olduğu; ayrıca ortamdaki bitki köklerinin varlığının ise, mikrobiyal aktiviteyi ve mikrobiyal biyoması artırıcı yönde desteklediği bildirilmiştir (Bardgett ve ark., 1999; Kablan, 2005). Denemede kullanılan ve C/N oranı biyokömüre göre daha az olan AG<sub>20</sub> ortamının, C/N oranı daha yüksek olan BK<sub>20</sub> ortamına göre daha yüksek çıkması ilgili araştırmacılar tarafından yapılan bulguları doğrulamaktadır. Ahır gübresi nötre yakın pH' ya sahip olurken, biyokömürün alkali olması mikroorganizma popülasyonunu etkilediği, yine ahır gübresinin C/N oranının ideal sınırlar içerisinde yer alması bu sonuca ulaşılmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Şekil 4.2' de AG<sub>20</sub> dozunun en yüksek mikrobiyal biyomas değerine sahip olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.2.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların mikrobiyal biyomas-C üretimi (mg biyomas-C 100 g.k.t<sup>-1</sup>)

### 4.3. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesindeki Değişmeler

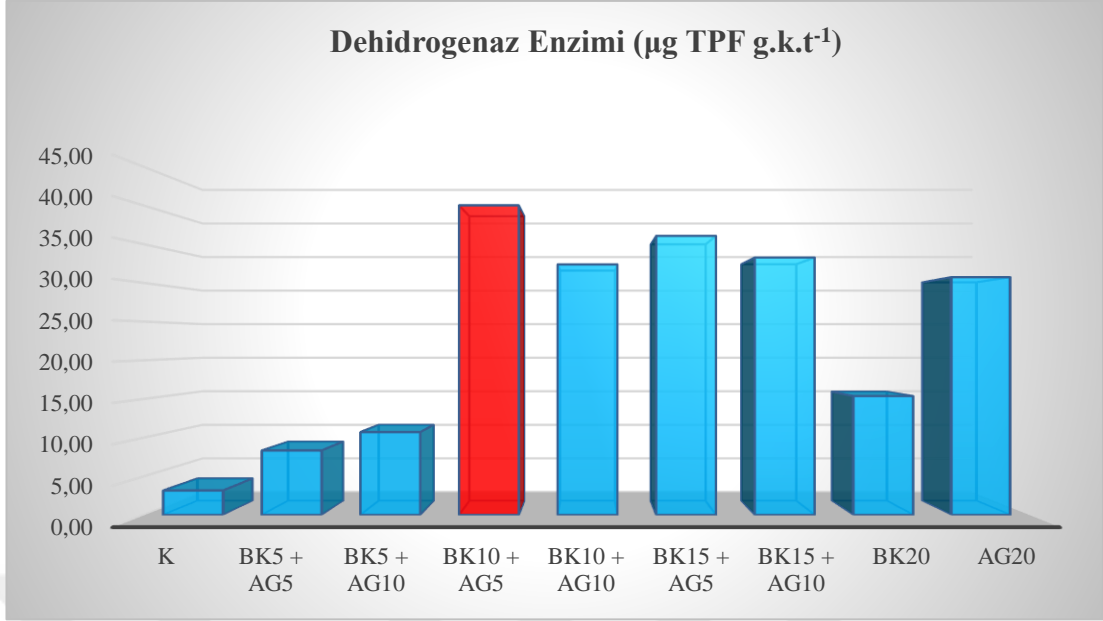
Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine sonuçlar Çizelge 4.3' de ve uygulamaların topraklarda yaptığı değişim Şekil 4.3' te verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ortamların dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerinde meydana getirdiği etkiler önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları topraklardaki dehidrogenaz enzim aktivitesini olumlu yönde etkilemiş ve artırmış; toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi değerleri 3.16 - 40.03 mg TPF/g.k.t. arasında bulunmuştur. En düşük dehidrogenaz aktivite değeri kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında tespit edilmiştir. Bu uygulama ile 12.7 kat artış sağlanmıştır. Ortama ilave edilen organik kökenli materyaller toprakta yaşayan mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Dehidrogenaz enzim aktivitesi bir solunum enzimidir. Bu enzim aktivitesinin ölçülmesi ile dehidrogenaz enzimlerini oluşturan organizmaların topraktaki miktar ve çoğunluğunun toplamı hakkında bilgi edinilmektedir. Oksijenli ya da oksijensiz yaşam solunumu kademelerinde organik bileşiklerden hidrojen açığa çıkarabilen bir hidrojen tutucu maddeye taşıyabilen organizmaların bir göstergesidir (Çengel, 2004).

**Çizelge 4.3.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkisi ( $\mu\text{g TPF g.k.t}^{-1}$ )

Ortamlar	Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi
Kontrol	3.16 C
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	8.34 BC
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	10.71 BC
BK <sub>10+</sub> AG <sub>5</sub>	40.03 A
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	32.39 A
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	36.08 A
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	33.28 A
BK <sub>20</sub>	15.37 B
AG <sub>20</sub>	30.74 B
LSD (p<0.01)	5.94984

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.

Topraklarda analiz edilen dehidrogenaz enzim aktivitesi mevcut toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin ölçülmesinde sıklıkla kullanılan mikrobiyolojik enzim olup, toprak mikroflorasının oksidatif aktivitesinin toplam rakamsal miktarını göstermektedir (Skujins, 1973). Paz-Ferreiro ve ark., (2011), atık çamurdan elde edilen farklı dozlardaki biyokömürün toprağa uygulanması ile kontrole oranla 2.8 kat arttığını, Park ve ark., (2011) tavuk gübresinden elde edilen biyokömürün artan dozlarda toprağa uygulanması ile dehidrogenaz enzim aktivitesini artırdığını ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.3.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi değerleri ( $\mu\text{g TPF g.k.t}^{-1}$ )

#### 4.4. Üreaz Enzim Aktivitesindeki Değişmeler

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın üreaz enzim aktivitesi üzerine sonuçlar Çizelge 4.4’de ve uygulamaların topraklarda yaptığı değişim Şekil 4.4’ te verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ortamların üreaz enzim aktivitesi üzerinde meydana getirdiği etkiler önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakta üreaz enzim aktivitesini artırmış; en düşük değer kontrol uygulamasında (0.28), en yüksek değer ise BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ve BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub> uygulamalarında (0.90) bulunmuştur. Toprağa BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ve BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub> uygulamaları ile üreaz enzim aktivitesi kontrole göre 3.2 kat artmıştır. Kablan, (2005). Üreaz enzimini üreten mikroorganizmaların substrat kaynağı olarak ürenin farklı organik atıklarda N içeriği substratı olan organik N formları ile arttığını söylemiştir. Biyokömürün geniş C/N oranına sahip olması mikroorganizmalar tarafından daha fazla parçalanmaya maruz kalması sonucu bu enzimin artışı sağlamıştır.

Üreaz enzim aktivitesi, topraklara çeşitli yollarla (bitkisel artıklar, hayvan dışkıları, gübreler vb.) ulaşan, toprakta azot dönüşümünde rol oynayan önemli bir enzimdir ve üre enziminin hidrolizini katalizlemektedir. Üreaz enziminin kökeni esas olarak mikrobiyal faaliyeti sonucu oluşan ekstraselülerdir. Bu nedenle, organizmalar ile sentezlenmekte ve toprakta kalmaktadır. Canlı organizmalardan meydana geldiği buna

karşın hücre içinde faaliyet göstermediği için çevresel etmenlere ve tepkimelere karşı oldukça dayanıklıdır. Nannipieri ve ark., (1983)'e göre, topraktaki organik azot mineralizasyonunda organik faz olan üreazın son süreci üreinin ayrışması olup, burada sorumlu enzim üreazdır (Kablan, 2005). Bu enzimler toprak mikroorganizmaları tarafından besin maddelerini parçalamak amacıyla üretildikten sonra, toprakların kil ve organik madde gibi kolloidleri tarafından tutulmakta bu enzimleri üreten mikroorganizma hücresine bağlı kalmadan faaliyetlerini devam ettirebilmektedirler (Aşkın ve ark., 2004).

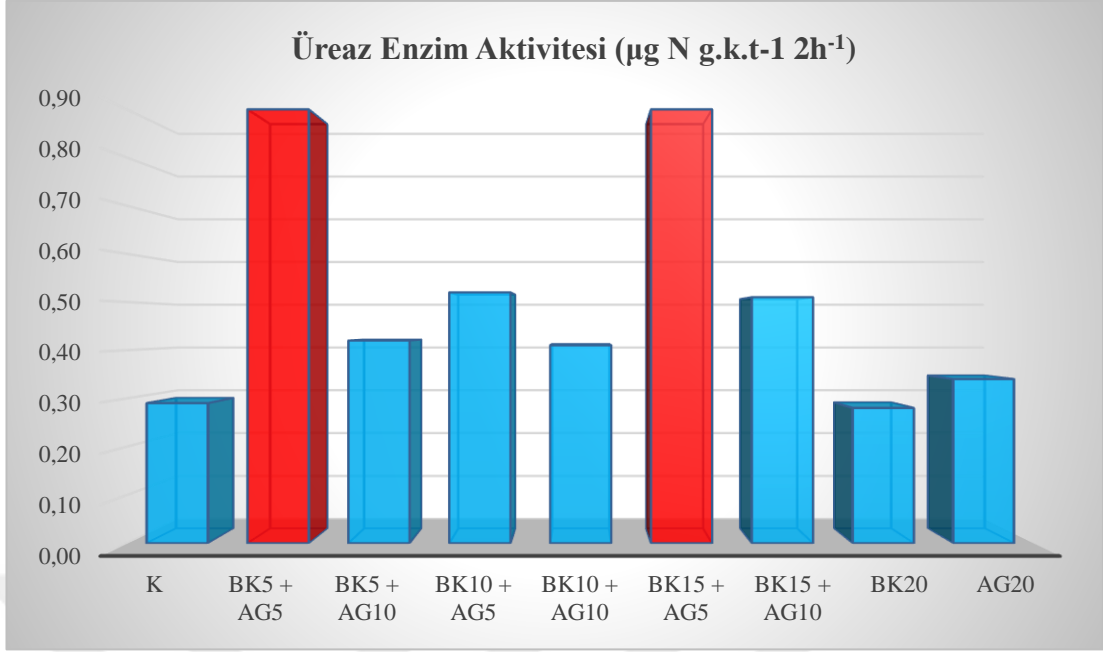
**Çizelge 4.4.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi ( $\mu\text{g N g.k.t}^{-1} 2\text{h}^{-1}$ )

Ortamlar	Üreaz Enzim Aktivitesi
Kontrol	0.28 B
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	0.90 A
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	0.42 B
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	0.52 B
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	0.41 B
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	0.90 A
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	0.51 B
BK <sub>20</sub>	0.29 B
AG <sub>20</sub>	0.34 B
LSD (p<0.01)	0.18902

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.

Akça ve Namlı, (2015). Domates bitkisine biyokömür uygulaması ile kontrol ve kimyasal gübreye oranla üreaz enzim aktivitesinin %5 düzeyinde önemli olduğunu ve anlamlı bir şekilde arttığını açıklamışlardır. Toprakların üreaz enzim aktivitesi ile ilgili olarak organik madde, toprak tekstürü, pH katyon değişim kapasitesi gibi önemli toprak özellikleri ile önemli ilişki içerisinde olduğu ve bulunduğu, topraklara ilave edilen organik atıkların üreaz enzim aktivitesini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 2000).





**Şekil 4.4.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların üreaz enzim aktivitesi değerleri ( $\mu\text{g N g.k.t}^{-1} 2\text{h}^{-1}$ )

Araştırmacılar hızlı ayrışabilir organik materyallerin toprağa ilavesinin, üreaz aktivitesinin mikrobiyal aktivitenin uyarılması yoluyla artırılabilirliğini belirtmişlerdir. Toprağa organik materyaller ilavesiyle üreaz aktivitesinin dikkate değer bir şekilde arttığı Moreno ve ark., (1999) tarafından da belirtilmiştir. Buna karşılık olarak Azam ve Malik, (1985). Organik materyallerin üreaz aktivitesine etki yapmadığını rapor etmişlerdir.

#### 4.5 Arilsülfataz Enzim Aktivitesindeki Değişmeler

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın arilsülfataz enzim aktivitesi üzerine ait değerler Çizelge 4.5' de ve uygulamaların topraklarda yaptığı değişim Şekil 4.5' te verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, organik atıkların arilsülfataz enzim aktivitesi üzerinde meydana getirdiği etkiler önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakta arilsülfataz enzim aktivitesini artırmış; toprakların arilsülfataz enzim aktivitesini değerleri  $0.07 - 0.15 \mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$  arasında bulunmuştur. En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında belirlenmiş; bu uygulama ile 2.2 kat artış elde edilmiştir. Arilsülfataz enzimi tarımsal açıdan S döngüsünde anahtar rol oynayan bir enzimdir. Bitki tarafından asimile edilebilir organik S' ün inorganik S' e

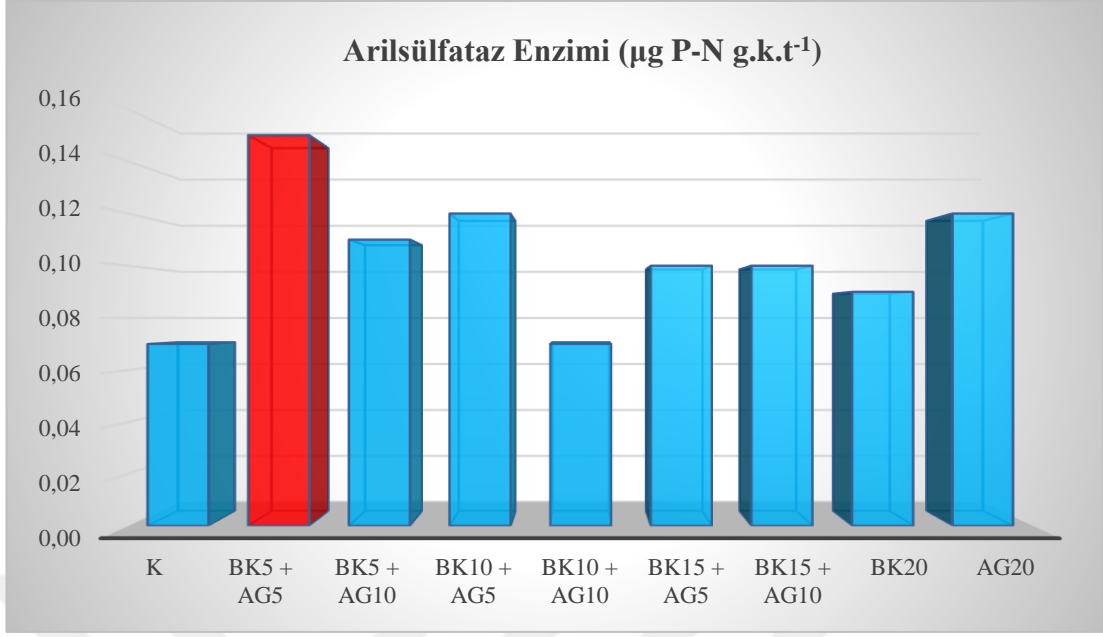
hidrolize olmasında katalizör görevi yaparak bitki gelişimi için gerekli olan besin elementini inorganik formdan daha hızlı ve kolay almasını sağlar (Kayıkçıoğlu ve ark., 2012). Domates bitkisi ile yapılan bir çalışmada ortam olarak farklı dozlarda kümes hayvanları çöplerinden elde edilen biyokömür uygulanmış ve enzim aktiviteleri biyokömür uygulamaları ile anlamlı şekilde arttığı belirlenmiştir (Akça ve Namlı, 2015).

**Çizelge 4.5.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın arilsülfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi ( $\mu\text{g P-N g.k.t}^{-1}$ )

Ortamlar	Arilsülfataz Enzim Aktivitesi
Kontrol	0.07 D
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	0.15 A
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	0.11 ABC
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	0.12 AB
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	0.07 CD
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	0.10 BCD
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	0.10 BCD
BK <sub>20</sub>	0.09 BCD
AG <sub>20</sub>	0.12 AB
LSD (p<0.01)	0.01996

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.

Deneme topraklarında bitki olarak domatesin olması arilsülfataz enzim aktivitesini kontrole göre artırmıştır. Bunun sebebi de mikrobiyal aktivitenin bitki köklerinin varlığı ile arttığını ve dolayısı ile arilsülfataz enzim aktivitesinin de arttığını göstermektedir (Kablan, 2005). Elde edilen veriler bu sonuçlar ile uyum içindedir. Şekil 4.5’ te görüldüğü gibi dozlar içinde en yüksek arilsülfataz enzim aktivitesi BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında en yüksektir.



**Şekil 4.5.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların aril sülfataz enzim aktivitesi değerleri ( $\mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$ )

Sun ve ark., (2014), kumlu tarım topraklarına odun kökenli biyokömür eklenmesi arilsülfataz enzim aktivitesinin çok fazla artırmadığını ancak yaklaşık olarak 50 yıl süre sonunda biyolojik kökenli atıkların arilsülfataz gibi bir çok enzime katkı sağlayacağını bildirmişlerdir.

#### 4.6. Alkalin Fosfataz Enzim Aktivitesi

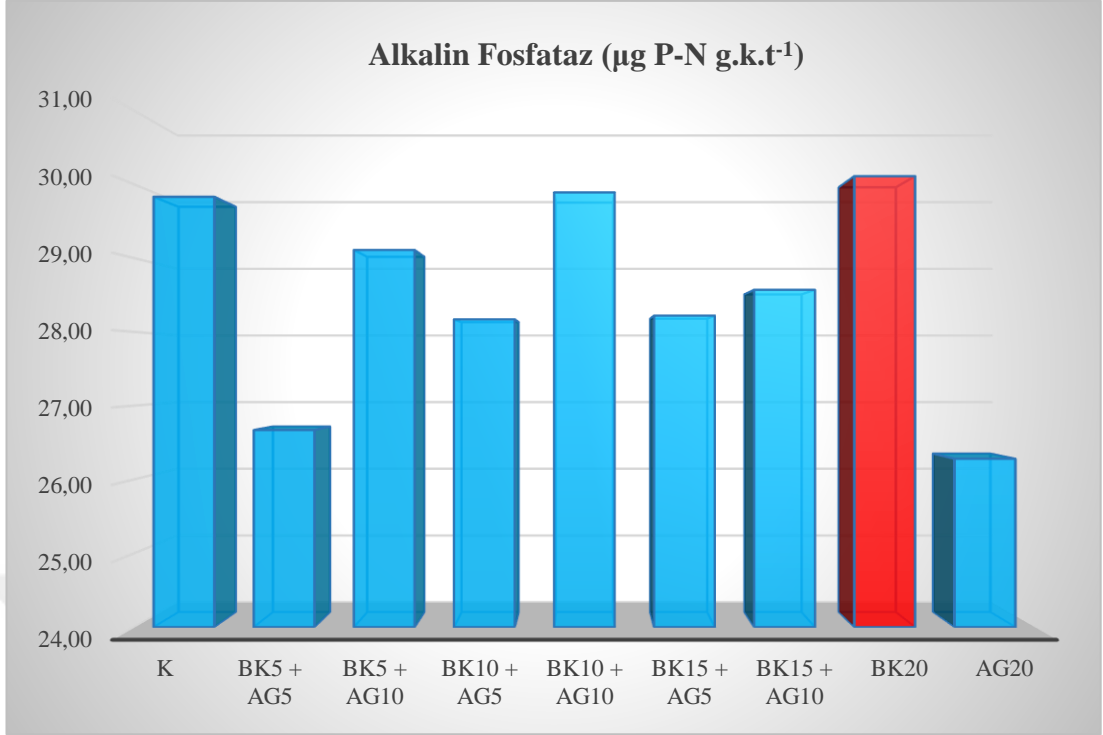
Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın alkalin fosfataz enzim aktivitesine ait sonuçlar Çizelge 4.6' da ve uygulamaların topraklarda yaptığı değişim Şekil 4.6' da verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, organik atıkların alkalin fosfataz enzim aktivitesi üzerinde meydana getirdiği etkiler önemli bulunmamıştır. Ancak, farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakta alkalin fosfataz enzim aktivitesini olumlu yönde etkilemiş ve rakamsal olarak artırmış; alkalin fosfataz enzim aktivitesi değerleri 25.49 – 30.11 ( $\mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$ ) arasında tespit edilmiştir. En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>20</sub> ortamında belirlenmiştir; bu uygulama ile % 18 oranında artış sağlamıştır (Şekil 4.6).

**Çizelge 4.6.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi ( $\mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$ )

Ortamlar	Alkalın Fosfotaz Enzim Aktivitesi
Kontrol	25.49
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	26.66
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	29.12
BK <sub>10+</sub> AG <sub>5</sub>	28.17
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	29.89
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	28.22
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	28.57
BK <sub>20</sub>	30.11
AG <sub>20</sub>	26.28

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

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 (Okur, 1997). Fosfataz enzim aktivitesinin istatistiksel olarak önemsiz çıkmasının ve topraklarda çok fazla artmamasının sebebi fosfatazın inhibe olması durumunda  $\text{PO}_4$  sentezini engellediğini ve ortofosfatın asit ve alkalın fosfataz enzim aktivitesinin organik fosfor bileşiklerinin oluşmasını yani fosfor mineralizasyonunu engellemesi şeklinde açıklanabilir (Chunderova ve Zubets, 1969).



**Şekil 4.6.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alkalin fosfataz enzim aktivitesi değerleri ( $\mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$ )

#### 4.7. Biyokömür Ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprağın pH'sı Üzerine Etkisi

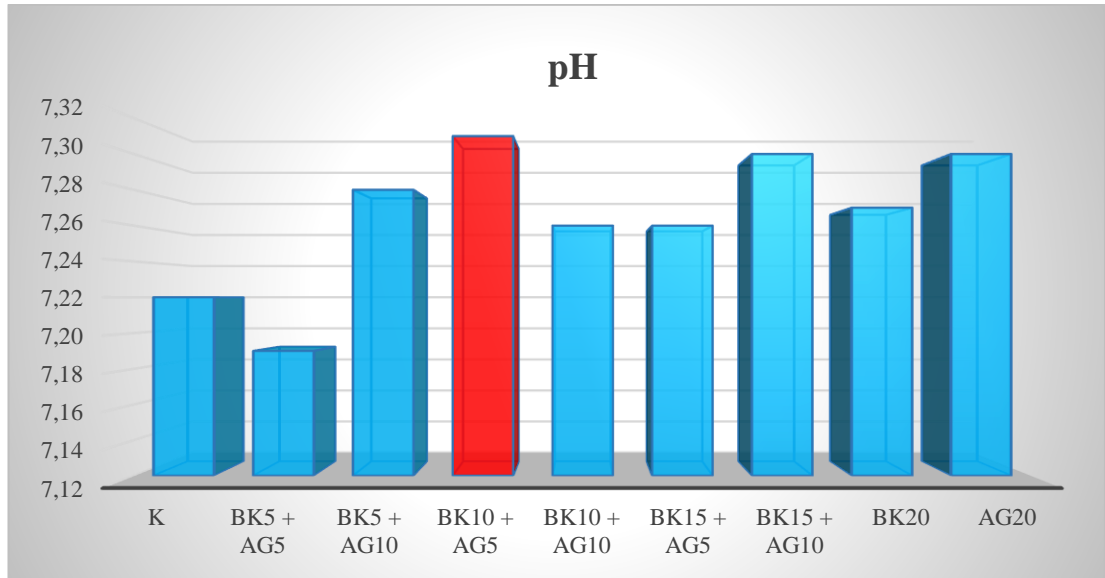
Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın pH değerine ait değerler Çizelge 4.8' de ve uygulamaların topraklarda yaptığı değişim Şekil 4.7' de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ortamların pH üzerinde meydana getirdiği etkiler önemli bulunmamıştır. Ancak, farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprağın pH değerini rakamsal olarak artırmış; pH değerleri 6.46 – 7.31 arasında değişmiştir. En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında belirlenmiş; bu uygulama ile toprak pH'sı 1.13 birim artış göstermiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.7).

**Çizelge 4.7.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın pH değerine etkisi

Ortamlar	pH
Kontrol	6.46
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	7.19
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	7.28
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	7.31
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	7.26
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	7.26
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	7.30
BK <sub>20</sub>	7.27
AG <sub>20</sub>	7.30

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

Saygan ve Aydemir, (2006). Biyokömür uygulaması yapılan bir toprağın pH' sındaki artışın nedeni olarak, uygulanan biyokömürün yüksek pH değerli olması ve kullanılan toprağın kireç miktarının fazla olmasına bağlı olduğu ve zamanla karbonatın hidrolize olması nedeniyle toprak pH değerinin artabileceğini belirtmişlerdir.



**Şekil 4.7.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların pH değeri

#### 4.8. Organik Madde İçeriği

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın organik madde içeriği üzerine sonuçlar Çizelge 4.8’ de ve uygulamaların topraklarda yaptığı değişim Şekil 4.8’ de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, biyokömür ve ahır gübresinin organik madde üzerinde meydana getirdiği etkiler önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprak organik madde içeriğini artırmış; organik madde miktarı % 1.80 – % 6.92 arasında değişmiştir. En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek değer ise BK<sub>15</sub> + AG<sub>10</sub> ortamında belirlenmiştir; bu uygulama organik madde miktarında 3.84 kat artış sağlamıştır. Organik kökenli olan ve organik madde içeriği yüksek olan bu iki materyalin toprağa karıştırılması toprak organik madde miktarında artış sağlaması beklenen bir sonuç olmuştur.

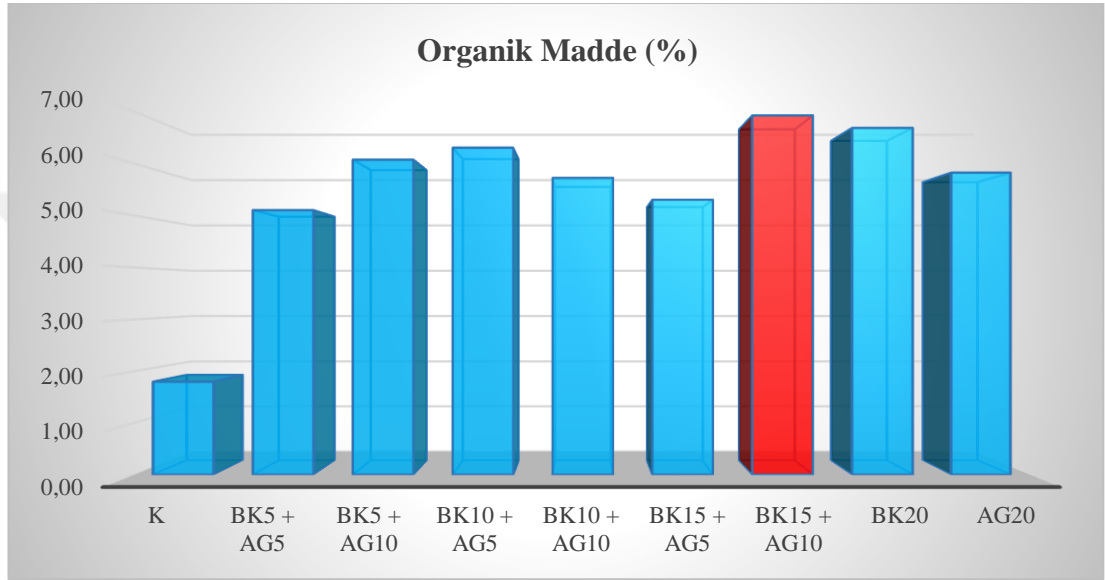
**Çizelge 4.8.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın organik madde içeriği (%) üzerine etkisi

Ortamlar	Organik madde (%)
Kontrol	1.80 C
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	5.10 BC
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	6.07 AB
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	6.39 AB
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	5.72 AB
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	5.30 ABC
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	6.92 A
BK <sub>20</sub>	6.68 AB
AG <sub>20</sub>	5.82 AB
LSD ( $p<0.05$ )	0.8149

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.

Demisie ve ark., (2014). Yaptığı çalışmada meşe ve bambudan elde edilen biyokömürün toprağa uygulanması ile % C değerinin kontrol toprağına oranla % 50 ile % 286 arasında artış sağladığını açıklamışlardır. Tarımsal üretim uygulamalarında bitkinin toprakta iyi gelişebilmesi, bulunduğu toprak yapısının fiziksel ve kimyasal göstergeleri ile ilişkilidir. Toprağın fiziksel parametrelerini düzenlemede ve

devamlılığını sağlamada en çok başvurulan uygulama ise toprağa organik yapılm materyallerin ilavesi olmaktadır (Bender ve ark., 1998). Organik atıklar toprak yapısının düzeltici özelliklerinin yanı sıra başta N olmak üzere P, K, Ca, Mg, Cu ve Zn gibi bitki besin elementlerini de sağlamaktadır. Toprağa uygulanan kümes hayvanlarından elde edilen biyokömürün domates bitkisine uygulanması ile organik madde değerinin arttığını bildirilmiştir (Akça ve Namlı, 2015).



**Şekil 4.8.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların organik madde içeriği

Çengel ve ark., (2009) yılında Manisa organik bağ bölgesindeki yaptıkları çalışmada nötr reaksiyona sahip toprakta organik madde miktarını düşük bulduklarını fakat eklenen yeşil gübre ile organik madde miktarında artış sağladıklarını organik kökenli materyallerle desteklenmesinde organik madde miktarında daha iyi sonuçların alınabileceğini vurgulamışlardır.

#### **4.9. Biyokömür Ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Toplam N, Alınabilir P ve K İçeriklerine Etkisi**

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın toplam N, alınabilir P ve K üzerine etkisine ait değerler Çizelge 4.9' da ve uygulamaların topraklarda meydana getirdiği değişimler ise Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11' de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ortamların incelenen bu besin elementleri üzerine meydana getirdiği etkiler önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur.



Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprağın % toplam N miktarını artırmış; toplam N değerleri % 0.10 – % 0.17 arasında değişmiştir (Çizelge 4.9).

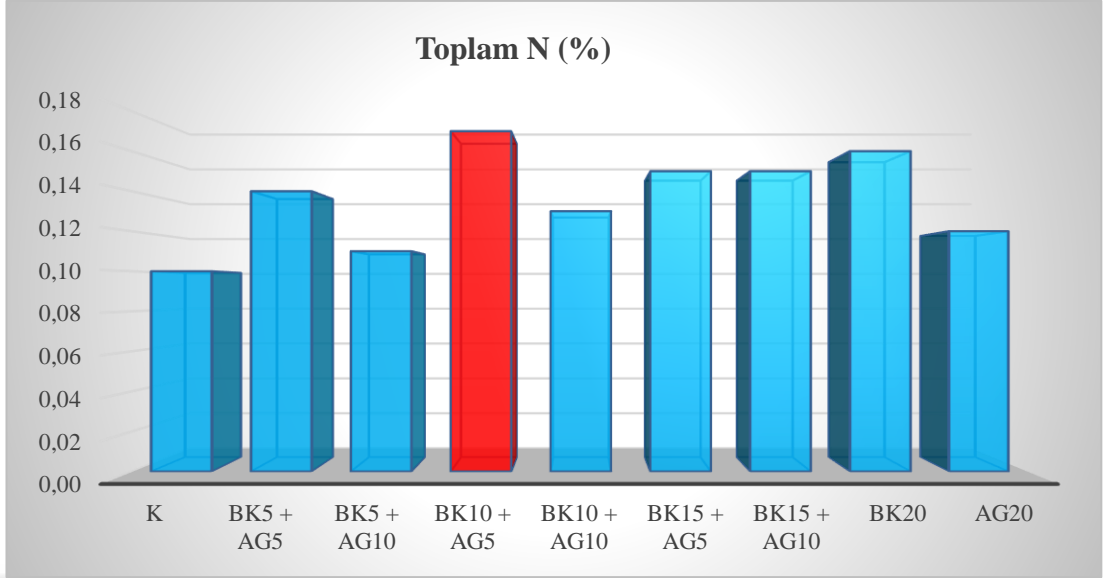
**Çizelge 4.9.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın toplam N, alınabilir P ve K içerikleri üzerine etkisi

Ortamlar	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
Kontrol	0.10 E	2.5D	315 D
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	0.14 BC	3.8 C	408 C
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	0.11 DE	4.9 BC	373 C
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	0.17 A	4.3 BC	408. C
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	0.13 CD	4.5 BC	380 C
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	0.15 AB	6.3 A	554 A
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	0.15 ABC	4.2 BC	511AB
BK <sub>20</sub>	0.16 AB	5.4 AB	477 B
AG <sub>20</sub>	0.12 DE	4.6 BC	385 C
LSD (p<0.001)	0.01028	0.65162	27.4485

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.

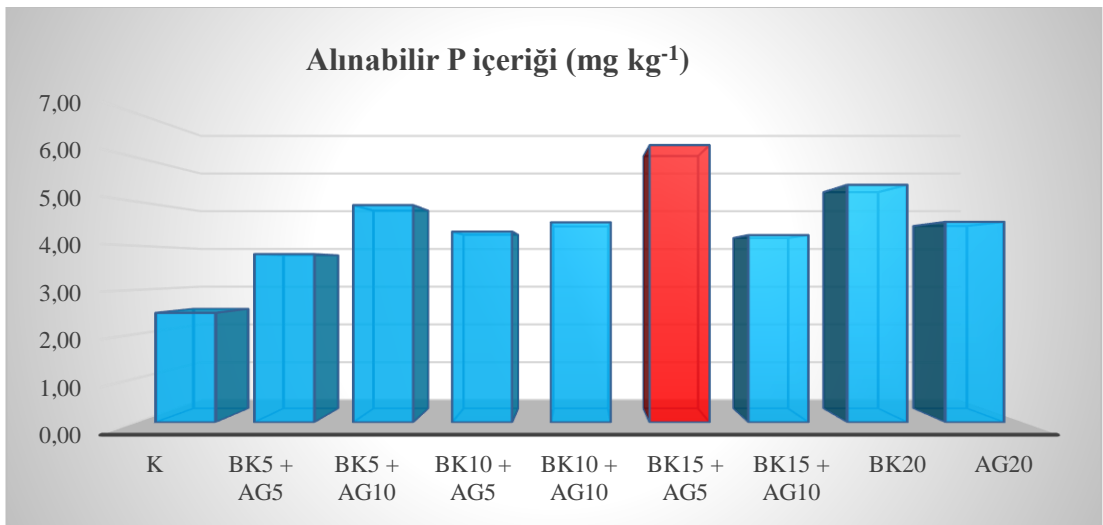
En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında belirlenmiş; bu uygulama ile % 70 oranında artış elde edilmiştir (Şekil 4.9.). Ayrıca biyokömür + ahır gübresi eklenen deneme saksılarında kısa sürede olmasına karşılık etkili bir yükseliş sağladığı görülmüştür.

Çam biyokömürünün toprağa eklenmesi sonucunda maddelerinden N, P, K, Ca, Fe, Mn ve Zn gibi yararlı elementlerin alınış değerlerinde artış gösterdiği, biyokömürün N ile birlikte uygulanmasının da bitki büyümesini teşvik ettiği bildirilmiştir (Sohi ve ark., 2007; Van Zwieten ve ark., 2010).



**Şekil 4.9.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların toplam N içeriği

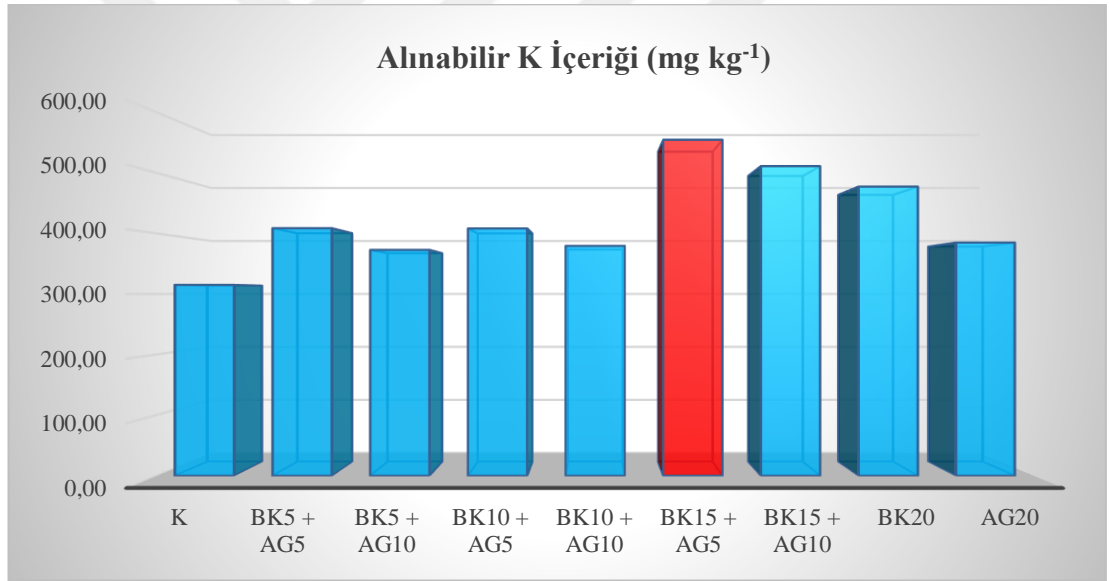
Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakta alınabilir P miktarını artırmıştır. Deneme topraklarındaki alınabilir P değerleri  $2.5 - 6.3 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında saptanmış; en düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>15</sub>+ AG<sub>5</sub> ortamında belirlenmiştir. Bu uygulama ile toplam N değerinde 2,5 kat bir artış sağlamıştır. Bu uygulama ile toprak pH'sı 1.13 birim artış göstermiştir CFA'ya göre (California Fertilizer Association, (1995). Fosforun alınabilirliğinin en yüksek olduğu pH aralığı 6 - 7.5 olarak belirtilmiş olup, çalışma sonucu elde edilen fosfor değeri belirtilen aralıklarla uyumlu bulunmuştur.



**Şekil 4.10.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir P içeriği (mg kg<sup>-1</sup>)

Biyokömür uygulaması ile şeker kamışı yetiştirilen bir toprakta, uygulama sonucunda toprağın toplam fosfor ve toplam çözülmüş fosfor miktarında artışlar olduğu bildirilmiştir (Alvares-Campos ve ark., 2013).

Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakta alınabilir P miktarını artırmış; toprakların alınabilir K değerleri 315 – 554 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Diğer iki besin elementi içeriğinde olduğu gibi, en düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında belirlenmiş; bu uygulama ile % 76 oranında artış elde edilmiştir. Topraklarda K değerlerinde meydana gelen artış biyokömür ve ahır gübresinin içermiş olduğu yüksek K değerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Topraklarda değişebilir K miktarının 40 - 150 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve değişebilir K'un 150 mg kg<sup>-1</sup> olduğu zaman bitkilerde beslenme yönünden bir sorun olmayacağı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Barber, 1985; Namlı ve ark., 2017).



Şekil 4.11. Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir K içeriği (mg kg<sup>-1</sup>)

#### 4.10. Biyokömür Ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprakların Makro Ve Mikro Bitki Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkileri

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakların incelenen makro ve mikro besin elementi içerikleri üzerinde önemli farklılıklar ( $p < 0.01$  ve  $p < 0.05$ ) meydana getirmiştir. Yapılan uygulamalara sonucunda toprakların ait makro ve mikro besin elementi değerleri Çizelge 4.10' da verilmiştir.

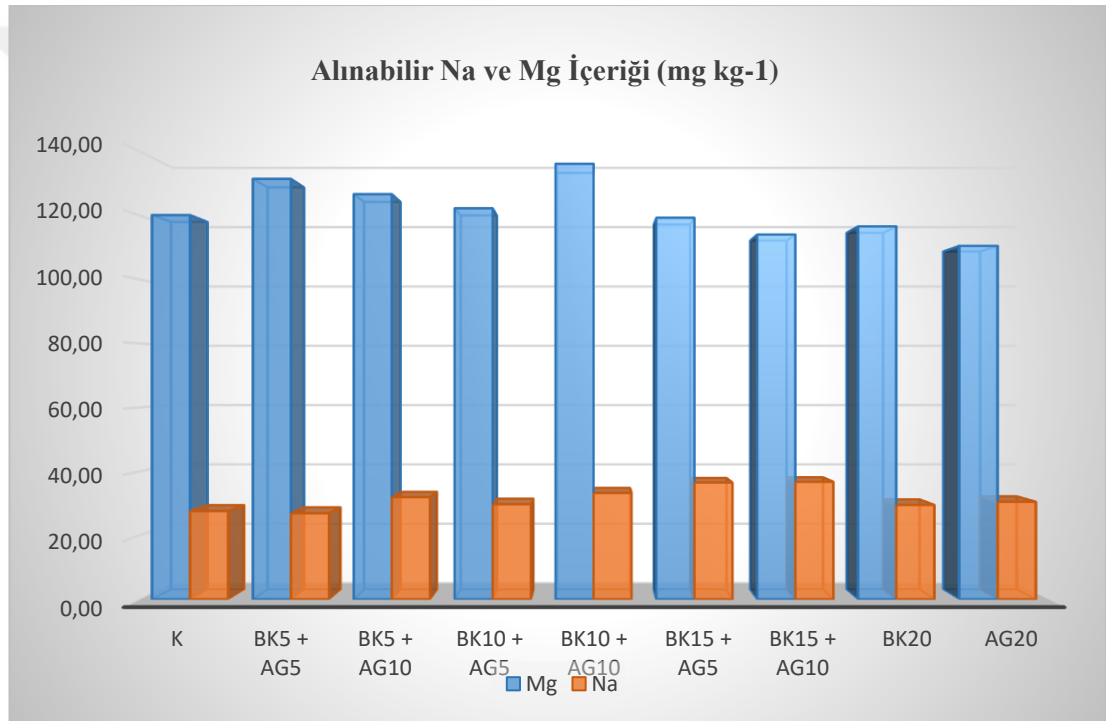
Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakta alınabilir Na miktarını kontrole göre artırmış ve alınabilir Na değerleri 27 - 37 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği saptanmıştır. En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub> ve BK<sub>15</sub> + AG<sub>10</sub> ortamlarında belirlenmiştir; bu iki uygulama ile % 37 oranında artış elde edilmiştir (Şekil 4.12). Topraklarda fazla bulunması istenmeyen bir element olan Na içeriğinin yüksek olmaması biyokömür kullanımı bakımından olumlu bir özelliktir (Kara, 2016).

**Çizelge 4.10.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın alınabilir makro ve mikro element içeriği üzerine etkisi (mg kg<sup>-1</sup>)

Ortamlar	Na	Mg	Ca	Fe	Cu	Zn	Mn
Kontrol	27 D	120 BCD	1796	8.60 C	2.80	2.97	2.83 B
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	28 D	132 AB	1817	9.75 AB	2.73	3.08	3.68 A
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	32 BC	127 BC	1760	9.27 BC	2.82	3.27	3.64 A
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	30 BCD	122 ABC	1802	9.73 AB	2.86	3.45	3.81 A
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	33 AB	136 A	1902	10.50 A	2.78	3.47	3.92 A
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	37 A	119 BCD	1801	9.54 B	2.72	2.97	3.75 A
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	37 A	114 CD	1874	9.73 AB	2.82	3.46	3.79 A
BK <sub>20</sub>	29 CD	117 CD	1802	10.03 AB	2.76	3.83	3.80 A
AG <sub>20</sub>	31 BCD	111 D	1779	9.14 BC	2.90	3.60	3.53 A
<b>LSD</b>	<b>(p&lt;0.01)</b>	<b>(p&lt;0.05)</b>	<b>ÖD</b>	<b>(p&lt;0.05)</b>	<b>ÖD</b>	<b>ÖD</b>	<b>(p&lt;0.01)</b>
	<b>1.7922</b>	<b>7.59966</b>		<b>0.46527</b>			<b>0.2488</b>

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. ÖD: Önemli Değil

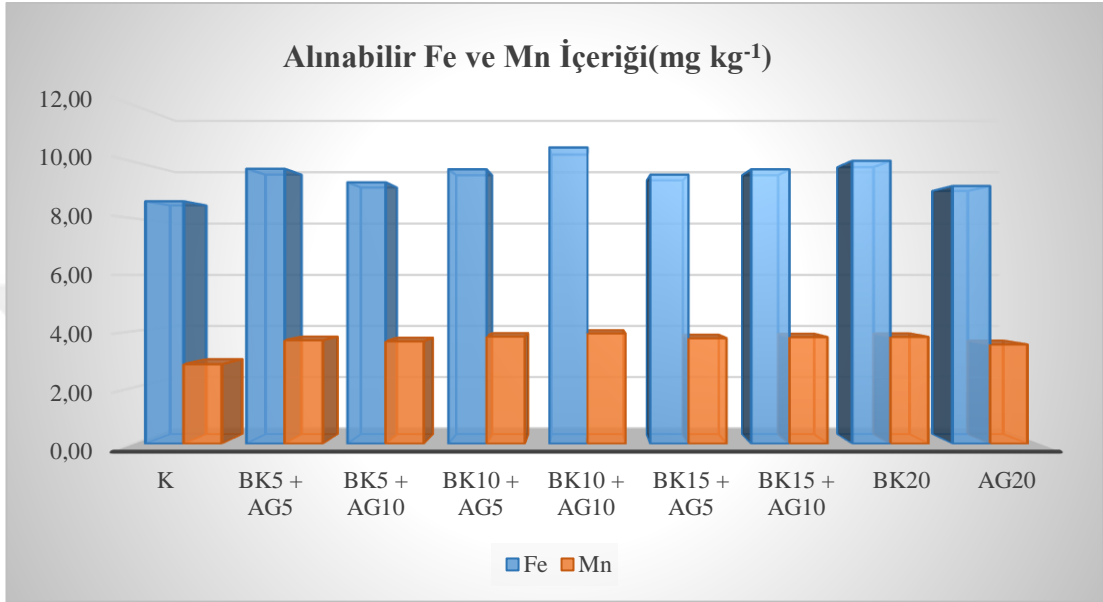
Yapılan uygulamalar toprakta alınabilir Mg miktarını kontrole göre artırmış; bu değer 111 - 136 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur (Çizelge 4.10). En düşük değer AG<sub>20</sub> ortamında, en yüksek ise BK<sub>10</sub> + AG<sub>10</sub> ortamında belirlenmiş; bu iki uygulama ile % 22 oranında artış sağlanmıştır (Şekil 4.12). Namlı ve ark., (2017). Topraklara uygulanan tavuk altığı biyokömürünün toprağın Mg içeriğini kontrole nazaran artırdığını ve alınabilir Mg’da meydana gelen bu artışların (p<0.05 düzeyinde) önemli bulunduğunu bildirmişlerdir. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprağın alınabilir Ca içerikleri üzerinde istatistiki öneme sahip bir değişim bulunmamıştır. Toprakların Ca içerikleri rakamsal olarak 1760 - 1902 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir.



**Şekil 4.12.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir Mg ve Na içeriği (mg kg-1)

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toprakların alınabilir Cu ve Zn içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir fark meydana getirmemiştir. Yapılan uygulamaları ile en düşük alınabilir Cu içeriği 2.72 mg kg<sup>-1</sup> ile BK<sub>15</sub>+AG<sub>5</sub> ortamında, en yüksek alınabilir Cu içeriği, 2.90 mg kg<sup>-1</sup> ile AG<sub>20</sub> uygulamasında bulunmuştur. Toprakların Zn içeriği bakımından elde edilen bulgular değerlendirildiğinde ise, en düşük kontrol ve BK<sub>15</sub>+AG<sub>5</sub> ortamlarında 2.97 mg kg<sup>-1</sup> ve en yüksek alınabilir Zn içeriği ise 3.83 mg kg<sup>-1</sup> ile BK<sub>20</sub> uygulamasında elde edilmiştir.

Yapılan uygulamalar toprakların alınabilir Fe ve Mn içerikleri üzerinde önemli farklılıkların meydana gelmesine neden olmuş; Çizelge 4.10' dan da görüleceği üzere, toprağın alınabilir Fe miktarı kontrole göre artmış; bu değer 8.6 – 10.5 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek değer ise BK<sub>10</sub>+ AG<sub>10</sub> ortamında belirlenmiş ve % 22 oranında artış sağlandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.13).



**Şekil 4.13.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakların alınabilir Fe ve Mn içeriği (mg kg<sup>-1</sup>)

Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları, toprakta alınabilir Mn miktarı üzerinde benzer etkilerde bulunarak kontrole göre artış sağlamıştır; toprakların Mn değerleri 2.83 – 3.92 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. En düşük değer kontrol ortamında, en yüksek ise BK<sub>10</sub>+ AG<sub>10</sub> ortamında belirlenmiş ve % 39 oranında artış sağlanmıştır (Şekil 4.13). Ippolito ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada alınabilir mikro element içeriklerinin biyokömürün uygulandığı ilk anda mikro element içeriklerinde artışa sebep olurken, özellikle Fe ve Cu elementleri için zamanla bir düşüş gözlenebileceğinden bahsetmektedir.

#### 4.11. Bitki Boyu, Bitki Yaş Ve Kuru Ağırlıkları

Biyokömür ve ahır gübresi uygulanan toprakta yetiştirilen domates bitkisinin gelişimi üzerine meydana getirdiği etkiler istatistiksel olarak önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ,  $p<0.05$ ) meydana getirmiştir. Bitki gelişimi olarak incelenen bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlıklarına ait değerler Çizelge 4.11’ de ve uygulamaların meydana getirdiği değişimler Şekil 4.14’ de verilmiştir.

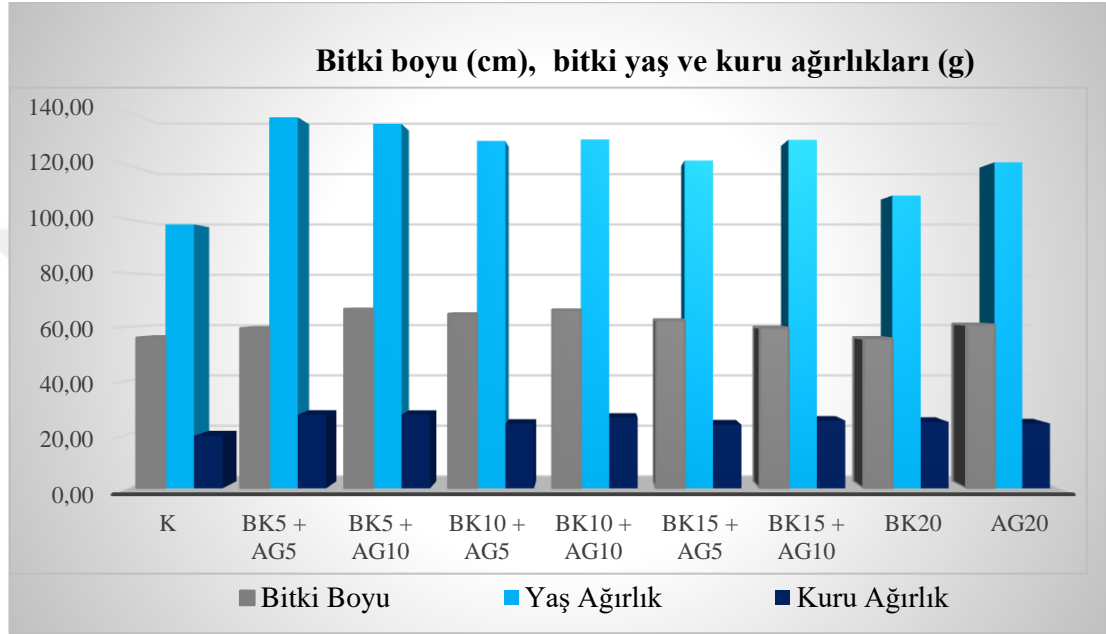
Uygulamaların genel değerlendirmesi sonucu, en düşük bitki boyu ortalaması 55.67 cm ile kontrol ortamında, en yüksek 66.67 cm ile BK<sub>5</sub> + AG<sub>10</sub> ortamında belirlenmiş (Çizelge 4.11); bitki boyunda % 19 oranında artış sağlanmıştır (Şekil 4.14). Domates bitkisine uygulanan tavuk altığı biyoköürünün domates bitkisine uygulanması ile 600 kg/da ve 15.15.15 kompoze gübre ortamının kontrole göre bitki boyunu artırdığını ifade edilmiştir (Akça ve Namlı, 2015).

**Çizelge 4.11.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinde boy (cm) yaprak yaş ağırlığı (g) ve yaprak kuru ağırlığı (g) üzerine etkileri

Ortamlar	Bitki Boyu (cm)	Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)
Kontrol	55.67 C	98.10 C	19.46 B
BK <sub>5</sub> + AG <sub>5</sub>	59.50 BC	137.87 A	27.40 A
BK <sub>5</sub> + AG <sub>10</sub>	66.67 A	135.40 A	27.38 A
BK <sub>10</sub> + AG <sub>5</sub>	64.83 AB	129.07 AB	23.95 A
BK <sub>10</sub> + AG <sub>10</sub>	66.33 A	129.63 AB	26.26 A
BK <sub>15</sub> + AG <sub>5</sub>	62.50 AB	121.77 AB	23.65 AB
BK <sub>15</sub> + AG <sub>10</sub>	59.67 BC	129.50 AB	25.16 A
BK <sub>20</sub>	55.67 C	108.77 BC	24.68 A
AG <sub>20</sub>	60.83 ABC	121.10 AB	24.10 A
<b>LSD</b>	<b>(p&lt;0.01) 3.15759</b>	<b>(p&lt;0.05) 11.0087</b>	<b>(p&lt;0.05) 2.13437</b>

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.

Çizelge 4.11 incelendiğinde görüleceği üzere, domates bitkisinin bitki yaş ve kuru ağırlık değerleri, uygulamaların etkisine bağlı olarak kontrole göre artış göstermiştir. En düşük bitki yaş ve kuru ağırlıklar sırasıyla 98.10 g ve 19.46 g ile kontrol ortamında, bu iki parametreye ait en yüksek değerler ise BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında sırasıyla 137.87 g ve 27.40 g olarak bulunmuştur. Bitki yaş ve kuru ağırlıkları yapılan bu uygulama ile % 41 oranında artış sağlanmıştır (Şekil 4.14).



**Şekil 4.14.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinde boy (cm) bitki yaş ve kuru ağırlıkları (g)

Simav’da domates yetiştirilen bir serada toprağa 15 ton/da ahır gübresi, ayrıca temel gübre olarak ticari organik gübrelere: Agro-Biosol 60 kg/da, Bio-Vegetal 70 kg/da, Coplex 90 kg/da ve Ormin-K 25 kg/da uygulanmış; araştırma sonuçlarına göre, kontrol uygulamasının en yüksek (4.47 kg/bitki veya 8.3 ton/da) ürün verdiği ancak ticari organik gübre uygulamasının verim ve kaliteyi etkilemediği görülmüştür (Ay ve Karayel, 2006).



## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Fındık kabuğundan elde edilen biyokömür ile olgunlaşmış ahır gübresinin farklı oranlarda karıştırılması sonucunda oluşturulan organik kökenli materyallerin; domates bitkisinin kök bölgesi ile toprağın bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen sera denemesinde belirlenen sonuçlar aşağıdaki gibi değerlendirilmektedir. Genel olarak biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların biyolojik özellikleri ve besin elementi içeriklerine etkileri olumlu olmuştur.

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki CO<sub>2</sub> oluşumu üzerine etkisi en fazla BK<sub>20</sub> ortamında belirlenmiştir.

Diğer yandan, farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının mikrobiyal biyomas - C değerini artırdığı ve AG<sub>20</sub> ortamında yapılan uygulamanın en etkili olduğu görülmüştür.

Enzim analizleri incelendiğinde yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ortamların dehidrogenaz, üreaz ve aril sülfataz enzim aktiviteleri üzerinde meydana getirdiği etkiler önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Dehidrogenaz enzim aktivitesi en yüksek BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında, üreaz enzim aktivitesi en yüksek BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ve BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub> ortamlarında, aril sülfataz enzim aktivitesi yine üreaz enzim aktivitesinde olduğu gibi en yüksek BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ortamında belirlemiştir. Alkalin fosfataz enzim aktivitesinde istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ortamların etkisi önemli bulunmamış; BK<sub>20</sub> ortamında rakamsal olarak en fazla artış olduğu tespit edilmiştir.

Toprakların pH değerleri gözönüne alındığında en etkili dozun BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub> ortamı olduğu görülmektedir. Ortamlar, toprakların pH değerini artırmış bunun sebebi ise biyokömürün pH değerinin yüksek olmasıyla açıklanmıştır. Toprakların organik madde değerleri incelendiğinde biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprak organik madde miktarını kontrole göre artırdığı ve BK<sub>15</sub> + AG<sub>10</sub> ortamının en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Organik kökenli ve organik madde içeriği yüksek olan bu iki materyalin toprağa karıştırılmasının toprağın organik madde miktarında artış sağlaması beklenen bir sonuç olmuştur.

Topraklar besin içerikleri bakımından değerlendirildiğinde, biyokömür ve ahır gübresi uygulamaları toplam N, alınabilir P ve K değerlerini artırmış; en etkili dozların toplam N için BK<sub>10</sub> + AG<sub>5</sub>, alınabilir P ve K için BK<sub>15</sub> + AG<sub>5</sub> ortamının olduğu saptanmıştır. Diğer yandan, yapılan uygulamalar toprakta alınabilir Ca, Cu ve Zn içeriklerini etkilememiş, buna karşılık alınabilir Na, Mg, Fe ve Mn' da artışa neden olmuştur.

Farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının bitki yaş ve kuru ağırlıklarının arttığı ve BK<sub>5</sub> + AG<sub>5</sub> ortamının en etkili ortam olduğu belirlenmiştir. Yine aynı şekilde uygulamalar sonucunda bitki boyunun arttığı ve BK<sub>5</sub> + AG<sub>10</sub> ortamının en etkili ortam olduğu görülmüştür.

Domates bitkisinin kök bölgesindeki enzim aktiviteleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmada; biyokömür ve ahır gübresinin farklı dozlarda kullanılması, domates bitkisinin kök bölgesindeki enzim aktivitesi artırdığı için olumlu yönde etkiler yaptığı ortaya çıkmıştır.

Biyokömürün yüksek C içeriğine sahip olması, dolayısıyla da C/N oranının yüksek olması nedeniyle tek başına yeterli olmadığı, C/N oranının dar olan ahır gübresi gibi organik materyaller ile beraber kullanılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Çünkü bu organik materyaller kimyasal zenginliği bakımından N ve P gibi bitki besin elementlerini bulundurdukları için toprakta yaşayan mikroorganizmaları uyarmaktadır. Bunun sonucunda da topraktaki biyolojik aktivitenin artması ile birlikte bitki besin elementlerinin mineralizasyonu artmış olacaktır.

Biyokömür yüksek C içeriği nedeniyle topraktaki ayrışma hızının düşük olduğu ve etkisini uzun sürede gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak biyokömür ve farklı organik atıkların ya da gübrelerin daha uzun süreli ve tarla koşullarında denenmesi ve tekrarlanması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abak, K., Sevgican, A., Çolakoğlu, H., Eryüce, N., Gül, A., Baytorun N., Çelikel G., Paksoy M. 1994. Sera tarımında topraksız yetiştirme üzerinde araştırmalar. TOAG Projesi, Proje no: 884. Sonuç raporu.
- Ahmad, Z., Yamamoto, S., Honna, T. 2008. Leachability and hytoavailability of nitrogen, phosphorus and potassium from different Bio-compost under chloride and sulfate-dominated irrigation Water. *Journal. Environ. Quality.*, 37: 1288-1298
- Akça, M. O., Namli, A. 2015. Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3), 161.
- Aksoy, S., Gün, S. ve Gülçubuk, B., 2007. Tarım topraklarının parçalanması ve miras hukuku. Türkiye Ziraat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi, 9-13 Ocak 2007, T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları, No:26, Ankara
- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology No. Ed. 2. John Wiley & Sons. New York, USA.
- Alluvione, F., Bertora, C., Zavattaro, L., Grignani, C., 2010. Nitrous oxide and carbon dioxide emissions following green manure and compost fertilization in corn, *Soil Science. Social. Am. Journal.*, 74(2), 384-395.
- Alvarez-Campos, O., Daroub, S., Lang, T., Bhadha, J., Gao, B., Glaz, B., 2013. Yerel kalıntı karışımlarından üretilen biochar'ın Güney Florida'da killi topraklarında şeker kamışı üzerine etkisi, Congress Prepatation Semposition, Soil and Water Science, Universty of Belle Glade, Florida.
- Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration, in methods of soil analysis, Part 2, 2nd Edition, 837–871, *Agronomy Monograph 9*, A. L. Page and et al. Eds., American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, 832pp.
- Anderson. T.H. Domsch. K.H. 1978. A Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomas in soils. *Soil Biology and Chemistry*. 10:215- 221ss.
- Annabi, M., Houot, S., Francou, C., Poitrenaud, M., Le Bissonnais, Y. 2007. Soil Aggregate Stability Improvement with Urban Composts of Different Maturities, *Soil Science. Social. Am. Journal.*, 71(2), 413-423.
- Anonymous, 2011. Methods for producing biochar and advanced biofuels in Washington State. 11-07-017.
- Anonymous, 2016. The Biochar Revolution. <http://www.thebiocharrevolution.com/Store/stoves/tlud-gasifier-stove>. (Erişim tarihi: 30.06.2017)
- Arnold, S. S., Fernandez, I. J., Rustad, L. E., Zibilske, L. M. 1999. Microbial response of an acid forest soil to experimental soil warming. *Biology and Fertility of Soils*, 30(3), 239-244.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Gülser, C. ve Bayraklı, B. 2004. Ondokuzmayıs üniversitesi kampus topraklarının bazı mikrobiyolojik özellikleri, O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 191:31–36.
- Ay, C.; Karayel, H.B., 2006. The effects of different organic fertilizers which are applied as base and liquid dressing in a greenhouse on the growth, yield and fruit quality in tomato, Dumlupınar Üniversitesi Gediz Meslek Yüksekokulu, Kütahya ISSN: 1302-3055

- Azam, F., Malik, K. A., Sajjad, M. I. 1985. Transformations in soil and availability to plants of 15 N applied as inorganic fertilizer and legume residues. *Plant and soil*, 861, 3-13.
- Bailey, V. L., Fansler, S. J., Smith, J. L., Bolton, H. 2011. Reconciling apparent variability in effects of biochar amendment on soil enzyme activities by assay optimization. *Soil Biology and Biochemistry*, 432: 296-301.
- Barber S. A., 1985. Potassium availability at the soil-root interface and factors influencing potassium uptake. In: *Potassium in Agriculture*. RD Munson Ed.. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. pp 309–324.
- Bardgett, R.D., Mawdsley, J.L., Edwards, S., Hobbs, P.J., Rodwell, J.S., Daviess, W.J., 1999. Plant species and nitrogen effects on soil biological properties of temperate upland grasslands. *Functional Ecology* 13: 650-660.
- Barrena, R., F. Vázquez, and A. Sánchez. 2008. Dehydrogenase activity as a method for monitoring the composting process. *Bioresource Technology*. 994: 905 – 908.
- Bastos, A. C., Prodana, M., Abrantes, N., Keizer, J. J., Soares, A. M. V. M., Loureiro, S. 2014. Potential risk of biochar-amended soil to aquatic systems: an evaluation based on aquatic bioassays. *Ecotoxicology*, 239: 1784-1793.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Karaca, C., Kaçira, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., Güneş, K., Komitti, N., Barnes, I., Nieminen, M. 2005. Türkiye’de tarımsal atıkların değerlendirilmesi. Eğitim Programı Notları. 15-25 ss.
- Bayraklı, F. 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, No: 17, Samsun.
- Bayram, Ö., 2015. farklı tarımsal atıklardan üretilen biyoçarların çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Aralık, 2015, 15-22 ss.
- 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 ss.
- Biederman, L.A. and Harpole, W.S. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB bioenergy*, 52: 202-214pp.
- Bingham, F.T. 1949. Soil test for phosphate, *California Agriculture*, 37: 11-14pp.
- Black, C.A. Ed. 1965. *Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling- Part 2- Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, 1357ss.
- Blair, R.H, Tyler, D.D.,Amonette,J. 2012. Biochars Congress Posters Presentation, Tennessee Üniversty- Knoxville, Jackson, TN, Pacific Nortwest National Laboratory, Richland,WA.
- Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agr. Journal*, 43: 9.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer Medhods Improved for Making Particle Size Analysis of Soil, *Agronomy Journal*, 545:434–438pp.
- Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen, 1149–1178, *Methods of Soil Analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, Black, C.A. Ed., American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, 1357ss.

- Bremner, J.M., Mulvaney R.L. 1978. Urease activity in soils. In: Soil enzymes. R.G. Burns Ed.. Academic Press, New York, USA. pp.149-187.
- Brendecke. J. Alexson. R.D. and Pepper. I.L. 1993. Soil microbial activity as an indicator of soil fertility: long-term effects of municipal sewage sludge on an arid soil. *Soil Biol. Biochem.* 25:751-758ss.
- California Fertilizer Association CFA. 1995. California Plant and Soil Conference, Agricultural Productions/Environmental Concerns: New Paradigms. January 10-11
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., and Joseph, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Aus. J. Soil Res.* 45: 629–634.
- Cheng, C. H., Lehmann, J. and Engelhard, M. H. 2008. Natural oxidation of black carbon in soils: changes in molecular form and surface charge along a climosequence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(6), 1598-1610.
- Chunderova, A. I., and Zubets, T. 1969. Phosphatase activity in dernopodzolic soils. *Pochvovendenie*, 11: 47-53.
- Çengel, M., 2004. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası, Ders Kitabı, E.Ü. Ziraat Fak. Yayınları No.558, İzmir, 166ss.
- Çengel, M., 2006. Toprak Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:558, 2. Baskı, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir.
- Çengel, M., Okur, N., Irmak Yılmaz, F. 2009. organik bağ topraklarında yeşil gübre bitkileri ve çiftlik gübresi uygulamalarının topraktaki mikrobiyal aktiviteye etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46 (1).
- Dalal, R.C.; Gibson, I.R and Menzies, N.W. 2009. Nitrous oxide emission from feedlot manure and green waste compost applied to Vertisols, *Biology and Fertility of Soils*, 45: pp. 809-819.
- Dari, B., Nair, V.D., Gainesville, Mylavarapu, R.S., Harris, W.G. 2013. Toprakta fosfor tutma üzerine ahşap ve kümes atıklarından biochar etkisi, Congress, Preparation, Soil and Water Science Enst. Florida Universty, Gainesville, FLORIDA.
- Demirbaş, A., Arin, G. 2002. An Overview of Biomass Pyrolysis., *Energy Sources*, 24, 5: pp. 471-482 12.
- Demisie, W., Liu, Z. and Zhang, M. 2014. Effect of biochar on carbon fractions and enzyme activity of red soil. *Catena*, 121: 214-221.
- Dias, B.O., Silva, C.A., Higashikawa, F.S., Roig, A. and Sanchez-Monedero, M.A. 2010. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure; effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource Technology*, 101:1239–1246. DIN 11542. 1978. Torf für Gartenbau und Landwirtschaft. Germany.
- Dick, R. P., Rasmussen, P. E. and Kerle, E. A. 1988. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. *Biology and Fertility of Soils*, 62: 159-164.
- Diez, T. and Kraus, M., 1997. Wirkung langjähriger Kompostdüngung auf Pflanzenertrag und Bodenfruchtbarkeit, *Agribiological Research*, 50: pp. 78-84.
- Dokoohaki, H., Miguez, F., Laird, D.A., Horton, R., Basso, A. 2012. Congress Stetaion, Iowa State Universty, Buenos Aires, Argentina.
- Eivazi, F., & Tabatabai, M. A. 1977. Phosphatases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 93: 167-172.

- Ensarioğlu, K., 2016. Biochar'ın Bitki gelişimine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enst.. Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi, Muğla.
- FAO United Nations Food and Agriculture Organization. 2006. ,The State of food Insecurity in the World, FAO, Rome.
- Fischer, D., & Glaser, B. 2012. Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration. In Management of organic waste. InTech.
- Fowles, M. 2007. Black carbon sequestration as an alternative to bioenergy. Biomass and Bioenergy, 31(6), 426-432.
- Furtado, G. D. F., Chaves, L. H. G., de Sousa, J. R. M., Arriel, N. H. C., Xavier, D. A., & de Lima, G. S. 2016. Soil chemical properties, growth and production of sunflower under fertilization with biochar and NPK. Australian Journal of Crop Science, 10(3), 418.
- Gaskin, J. W., Speir, A., Morris, L. M., Ogden, L., Harris, K., Lee, D., and Das, K. C. 2007. Potential for pyrolysis char to affect soil moisture and nutrient status of loamy sand soil. In "Georgia Water Resources Conference", University of Georgia.
- Gaunt, J. L., and Lehmann, J. 2008. Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. Environ. Science. Technology. 42: 4152–4158
- Gaunt, J., & Cowie, A. (2009). Biochar, greenhouse gas accounting and emissions trading. Biochar for environmental management: Science and technology, 317-340
- Gerber, H. 2010. Dezentrale CO2-negative energetische Biomasseverwertung mit dem PYREG-Verfahren. In Proceedings of „Biokohle Workshop “IFZ Gießen.
- Glaser, B. (2007). Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 362(1478), 187-196.
- Glaser, B. and Zech, W. (2005). Reconstruction of climate and landscape changes in a high mountain lake catchment in the Gorkha Himal, Nepal during the Late Glacial and Holocene as deduced from radiocarbon and compound-specific stable isotope analysis of terrestrial, aquatic and microbial biomarkers. Organic Geochemistry, 36(7), 1086-1098.
- Glaser, B., & Birk, J. J. 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). Geochimica et Cosmochimica acta, 82: 39-51.
- Glaser, B., & Knorr, K. H. 2008. Isotopic evidence for condensed aromatics from non-pyrolytic sources in soils—implications for current methods for quantifying soil black carbon. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 22(7), 935-942.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. and Zech, W. 2001. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften, 88(1), 37-41.
- Glaser, B., Lehmann, J. And 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(4), 219-230.
- Graber, E. R., Harel, Y. M., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., David, D. R., Tsechansky, L., Borenshtein, M. And Elad, Y. 2010. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. Plant and Soil, 337(2), 481-496.

- Hadas, A., Kautsky, L., Goek, M. and Kara, E. E. 2004. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry*, 362:(2) 255-266.
- Haktanır, K., Arcak, S. 1997. *Toprak biyolojisi: Toprak ekosistemine giriş*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No. 447, Ankara.
- Hassink J. 1996. Preservation of plant residues in soils differing in unsaturated protective capacity. *Soil Science Society of America Journal* 60: 487–491.
- Hilber, I., Wyss, G.S., Mader, P., Bucheli, T.D., Meier, I., Vogt, L. and Schulin, R. 2009. Influence of activated charcoal amendment to contaminated soil on dieldrin and nutrient uptake by cucumbers. *Environmental Pollution* 157:2224-2230.
- Ippolito, J.A., Stromberger, M.E., Lentz, R.D. and Dungan, R.S. 2016. Hardwood biochar and manure co-application to a calcareous
- Irmak Yılmaz, F. 2016. Kivi tarımı yapılan toprakların mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile diğer bazı özellikleri arasındaki ilişki. Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Proje no: AR-1314. Sonuç raporu.
- Isermeyer, H. 1952. Eine einfache methode zur bestimmung der karbonate im boden, *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 561(3), 26-38.
- Jeffery, S., Verheijen F.G.A., Van der Velde, M., Bastos A.C. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems Environment* 144 (1), 175–187.
- Kablan, N., 2005. Farklı Organik Atıkların Toprak Ve Mısır (*Zea Mays Indendata*) 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.
- Kacar B.,1984. Bitki Besleme ve Uygulama Klavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 899., Ders Kitabı: s.250.,317 s., Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V.A 2009. Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849, Fen Bilimleri:30 Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın 49: 645, Bursa.
- Kacar, B.1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı.
- Kammann, C. I., S. Linsel, J.W. GöBling, and H.W. Koyro. 2011. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa willd* and on soil-plant relations. *Plant Soil*. 345:195-210.
- Kandeler, E., & Gerber, H. (1988). Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and fertility of Soils*, 6(1), 68-72..
- Kara,R.S., 2016, Farklı Organik Materyallerden Elde Edilen Biyokömürün Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri İle Biyokömür Ve Biyokömürle Birlikte Arıtılmış Karasu Uygulamasının Bitkisel Üretimde Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniv. Fen Bil.Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yayınlanmamış. 65 sf. İzmir.
- Karakurt. E., Ekiz. H., 2000. Bazı buğdaygil yem bitkilerinde azotlu gübre dozlarının önemli tarımsal karakterler üzerine etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9 (1-2) 2000.

- Kayıkcıoğlu, H.H., Okur, N. 2013. Deri sanayi arıtma çamurunun kompostlaştırılması sırasındaki biyokimyasal değişiklikler ve oluşan kompostun kalitesi. *Anadolu Dergisi*, 22(2), 59–68.
- Kızılaslan, H., ve Olgun, A. 2012. Türkiye’de organik tarım ve organik tarıma verilen desteklemeler. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2012(1).
- Kızılkaya, R., & Bayraklı, B. 2005. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology*, 30(3), 192-202.
- Kızılkaya, R. Arcak, S. Horuz, A. Karaca, A. 1998. Çeltik tarımı yapılan toprakların enzim aktiviteleri üzerine toprak özelliklerinin etkisi. *Pamukkale Üniversitesi. Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 43:797–804.
- 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.
- Kishimoto, S., Sugiura, G. 1980. *Introduction to Charcoal Making on Sunday*. Sougou Kagaku Shuppan, Tokyo (in Japanese).
- Kolb, S.E., Fermanich, K.J. and Dornbush, M.E. 2009. Effect of Charcoal Quantity on Microbial Biomass and Activity in Temperate Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 73(4): 1173-1181.
- Konca Y. Ve Uzun O. 2012 "Effect Of Animal Waste On Soil And Environment/Hayvansal Gübrelerin Toprak ve Çevre Üzerine Olan Etkileri", 4th Congress of Soil Scientists of Azerbaijan, Bakü, 23-25 Mayıs 2012, 2(1), pp.0-10p.
- Krull, E. S., Skjemstad, J. O. and Baldock, J. A. 2009. Functions of Soil Organic Matter and the Effect on Soil Properties. *Grains Research and Development Corporation*, Barton.
- Kuzyakov, Y., Biryukova, O., Kuznetzova, T., Mölter, K., Kandeler, E. and Stahr, K. 2002. Carbon partitioning in plant and soil, carbon dioxide fluxes and enzyme activities as affected by cutting ryegrass. *Biology and Fertility of Soils*, 35(5), 348-358.
- Kuzyakov, Y., Hill, P. W. and Jones, D. L. 2007. Root exudate components change litter decomposition in a simulated rhizosphere depending on temperature. *Plant and Soil*, 290(1-2), 293-305.
- Kuzyakov, Y., Subbotina, I., Chen, H., Bogomolova, I. and Xu, X. 2009. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by 14 C labeling. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(2), 210-219.
- Kuzyakov, Y. 2011. How to link soil C pools with CO2 fluxes? *Biogeosciences* 8, 1523-1537.
- Lal, R. 2009. Soils and food sufficiency. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 113-133..
- Larson, R. W. 2008. Using biochar for cost-effective CO2 sequestration in soils. In *Proceedings of ISES World Congress 2007 (Vol. I–Vol. V)* (pp. 2462-2467). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lee, J. W., Hawkins, B., Day, D. M., & Reicosky, D. C. 2010. Sustainability: the capacity of smokeless biomass pyrolysis for energy production, global carbon capture and sequestration. *Energy & environmental science*, 3(11), 1695-1705.
- Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5 (7), 381-387.
- Lehmann, J. 2009. Terra Preta Nova—where to from here. *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek’s vision*. Springer Science, Dordrecht, 473-486.



- Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). 2015. Biochar for environmental management: science, technology and implementation. Routledge. 658 pp.
- Lehmann, J., & Rondon, M. 2006. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. *Biological approaches to sustainable soil systems*. CRC Press, Boca Raton, FL, 517-530.
- Lehmann, J., Czimczik, C., Laird, D., Sohi, S. 2009. Stability of biochar in soil. In: *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, pp. 183–206.
- Lehmann, J., Liang, B., Solomon, D., Lerotic, M., Luizão, F., Kinyangi, J., Schafer, T., Wirick, S. and Jacobsen, C. 2005. Near-edge X-ray absorption fine structure (NEXAFS) spectroscopy for mapping nano-scale distribution of organic carbon forms in soil: Application to black carbon particles. *Global Biogeochemical Cycles*, 19(1).
- Lehmann, J., Skjemstad, J., Sohi, S., Carter, J., Barson, M., Falloon, P., Coleman, K., Woodbury, P., Krull, E. 2008. Australian climate-carbon cycle feedback reduced by soil black carbon. *Nature Geoscience* 1: 832-835.
- Lehmann, J.; Skjemstad, J. and Sohi, S., 2008. Australian climate carbon cycle feedback reduced y soil black carbon. *Nature Geoscience* 1, 832-835
- Lehmann, J. 2007a. 'A handful of carbon', *Nature*, 447: 143-147
- Leifeld, J. 2007b. Thermal stability of black carbon characterised by oxidative differential scanning calorimetry. *Organic Geochemistry* 38, 112-127
- Leinweber, P. And Schulten, H.R. 1999. 'Advances in analytical pyrolysis of soil organic matter' *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 49: 359-413 pp.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J. O., Thies, J., Luizao, F.J., Peterson, J., and Neves, E. G. 2006. 'Black carbon increases cation Exchange capacity in soils', *Soil Science Society of America Journal*, 70: 1719-1730 pp.
- Liang, B.; Lehmann, J., Solomon, D., Sohi, S., Thies, J. E., Skjemstad, J.O., Luizao, F.J., Engelhard, M. H., Neves, E.G. & wirick, S. 2008. Stability of biomass-derived black carbon soils. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 72: 6069-6078.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A. 1978. Development of DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science. Social. Of Amerika. Journal*, 42:421-428.
- Liu, B.; Gumpertz, M.L.; Hu, S. & Ristaino, J. B. 2007. Long-term effect of organic and synthetic soil fertility amendments on soil microbial communities and the development of southern blight. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 2302-2316.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G. and Paz-Ferreiro, J. 2013. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—a meta-analysis of literature data. *Plant and soil*, 373(1-2), 583-594pp.
- Lu, W., Ding, W., Zhang, J., Li, Y., Luo, J., Bolan, N., Xie, Z. 2014. Biochar suppressed the decomposition of organic carbon in a cultivated sandy loam soil: A negative priming effect *Soil Biology & Biochemistry*, 76: 12-21.
- Majeed, A. J. 2014. Graduate School Of Natural And Applied Sciences Biochar As An Amendment To Improve Soil Fertility Soil Fertility. *Biochars*, 17. Retrieved From.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. and Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and soil*, 333(1-2), 117-128pp.

- McClellan, A. T., Deenik, J., Uehara, G., and Antal, M. 2007. Effects of flashed carbonized macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. 80(100), 120.
- McLaughlin, H., Anderson, P.S., Shields, F.E., Reed, T.B. 2009. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. Proceedings, North American Biochar Conference, Boulder, Colorado, August 2009.
- Moreno, J.L., Hernandez, T., Garcia, C. 1999. Effects of a cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil. *Boilogy and Fertility of Soils* 28: 230-237.
- Namlı, A., Akça, M. O., ve Akça, H. 2017. Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri.
- 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.
- Nelson, D.W., Sommers L.E. 1982. Total Carbon, organic carbon and soil organic matter. In: *Part 2, ASA-SSSA, Madison, WI*, 539-579.
- 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.
- Novak, M.J., Laird, D., Collins, H.P., Lentz, R.d., Ippolita, J.A., Spokas, K.A., Van, Pelt, R.S., Karlen, D.L., Tomar, M.D., Sauer, T.J., Sigua, G.C., Sistani, K.R. 2014. Biochars Soil Grown, Congress Posters Presentation, USDA-ARS, Florence, Carolina ,Iowa Universty, 808 E, Blackland, Texas, USDA-ARS, Kimberly, ID; Kuzaybatı Sulama ve Topraklar Araştırma Laboratuvarı Kimberly, ID.
- Novotny, E.H., Hayes, M.H.B., Madari, B.E., Bonagamba, T.J., deAzevedo, E.R., de Souza, A.A., Song, G.X., Nogueira, C.M., Mangrich, A.S. 2009. Lessons from the Terra Preta de Indios of the Amazon region for the utilisation of charcoal for soil amendment. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 20, 1003-1010.
- Nyström, H. F., Jansson, S., Berg, G. 2013. Incidence rate and clinical features of hyperthyroidism in a long-term iodine sufficient area of Sweden (Gothenburg) 2003–2005. *Clinical endocrinology*, 78(5), 768-776.
- O'Neill, B., Grossman, J., Tsai, M.T., Gomes, J.E., Lehmann, J., Peterson, J., Neves, E., Thies, J.E. 2009. Bacterial community composition in Brazilian anthrosols and adjacent soils characterized using culturing and molecular identification. *Microbial Ecology* 58: 23-35.
- Okur, N. 1997. Toprak enzimleri ders notları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Bornova, İzmir.
- Olgun, H., Keivani, B., Ersöz, Ö., Koçar, G. 2014. Biyokömürün termokimyasal enerji dönüştürme sistemlerinde kullanılması, enerji tarım ve biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştay. 28 – 29 Mayıs 2014, Samsun. Syf. 257-269.
- Ongun, A.R. 2001. Serada organik domates yetiştiriciliğinde kompost kullanımının toprağın fiziksel ve bazı kimyasal özellikleri ile verim ve kalite üzerine olan etkileri, Ege Üniv. Fen Bil.Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. 94 sf. İzmir.
- Özdemir, N., Kızılkaya, R., Sürücü, A. 2000. Farklı organik atıkların toprakların üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi*. 10(37), 23-26.

- Park, J. H., Choppala, G. K., Bolan, N. S., Chung, J. W., & Chuasavathi, T. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant and soil*, 348(1-2), 439.
- Pastor-Villegas, J., Pastor-Valle, J. F., Meneses Rodríguez, J. M. And García, M. 2006. Study of commercial wood charcoals for the preparation of carbon adsorbents. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 76: 103–108pp
- Paz-Ferreiro, J., Gascó, G., Gutiérrez, B., & Méndez, A. 2012. Soil biochemical activities and the geometric mean of enzyme activities after application of sewage sludge and sewage sludge biochar to soil. *Biology and fertility of soils*, 48(5), 511-517.
- Petter, F.A., Madari, B.E., Silva, M.A.S.D., Carneiro, M.A.C., Carvalho, M.T.D.M., Júnior, M., Hur, B. and Pacheco, L.P. 2012 Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(5), 699-706pp.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium. Edit Black, C.A. *Method of Soil Analysis Part-2*. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Madison, Wisconsin, USA.
- Prendergast-Miller, M. T., Duvall, M., & Sohi, S. P. 2011. Localisation of nitrate in the rhizosphere of biochar-amended soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(11), 2243-2246.
- Prost, K., Borchard, N., Siemens, J., Kautz, T., Séquaris, J.M., Möller, A., Amelung W. 2013. Biochar Affected by Composting with Farmyard Manure. *Journal. Environ. Quality*, 42:164-172.
- Rauterberg, E., & Kremkus, F. 1951. Bestimmung von gesamthumus und alkalilöslichen humusstoffen im boden. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 54(3), 240-249.
- Retan, G. A., 1915 'Charcoal as a means of solving some nursery problems', *Forestry Quarterly*, vol 13, 25–30pp
- Richards, L. A. (Ed.) .1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.
- Rodríguez, L., Salazar, P., & Preston, T. R. 2009. Effect of biochar and biodigester effluent on growth of maize in acid soils. *Livestock Research for Rural Development*, 21(7), 110.
- Rogovska, N., Laird, D., Leandro, L., & Aller, D. (2017). Biochar effect on severity of soybean root disease caused by *Fusarium virguliforme*. *Plant and Soil*, 413(1-2), 111-126.
- Rondon, M. A., Lehmann, J., Ramírez, J., & Hurtado, M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and fertility of soils*, 43(6), 699-708.
- Sağlam, T., 1997. Toprak ve Suyun Kimyasal Analizleri. *Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:189 Sayfa:1-164*.
- Santiaqo, C.A. 1989. Sterols in ocean sediments: novel tracers to examine habitats of cetaceans, pinnipeds, penguins and humans. *Marine Biology*. September 1989, 102(4), 431–437
- 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..
- Schmidt, M.W. ve Noack, A.G. 2000. Black carbon in soil and sediments: Analysis, Distribution, Implications and Current Challenges, *Global Biogeochemical Cycles*, 14: 777-793.

- Sevgican, A., Gül, A., Tüzel, Y., Eltez, R.Z. 2000. Türkiye’de örtü altı yetiştiriciliği, ZMO 2000, 679-705s.
- Shenbagavalli, S., & Mahimairaja, S. 2012. Characterization and effect of biochar on nitrogen and carbon dynamics in soil. *Int J Adv Biol Res*, 2, 249-255.
- Shenbagavalli, S., Mahimairaja, S. 2012. Characterization and Effect of Biochar on Nitrogen and Carbon Dynamics in soil. *I.J.A.B.R.*, VOL 2(2) 2012: 249-255 ISSN: 2250 – 3579.
- Singh, B., Singh, B. P., & Cowie, A. L. 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Soil Research*, 48(7), 516-525. Sohi, S. P., et al. "A review of biochar and its use and function in soil." *Advances in agronomy* 105 (2010): 47-82.
- Skujins, J., 1973. Dehydrogenase: an indicator of biological activities in arid soils. *Bull. Ecol. Commun. Stockholm* 17:97-110.
- Smith, J. L., Papendick, R. I., Bezdicek, D. F., & Lynch, J. M. 1993. Soil organic matter dynamics and crop residue management. *Soil Microbial Ecology*, Marcel Dekker, New York, 65-95.
- Smith, J.L., & Collins, H.P., 2007. Composting. In: *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*, Paul, E.A., Ed., pp.483-486. Academic Press, ISBN: 0125468075, 9780125468077, Burlington
- Smith J.L., Collins, H.P., Bailey V.L. 2010. The effect of young biochar on soil respiration, *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), pp. 2345-2347.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., & Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. *CSIRO Land and Water Science Report*, 5(09), 17-31.
- 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.
- Steiner, C., Keshav, C.D., Garcia, M., Forster, B., Zech, W. 2008. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered Xanthic Ferralsol. *Pedobiologia*, 51: 359-356.
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo, J.L.V., Blum, W.E. and Zech, W. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and soil*, 291(1-2), 275-290pp
- Sun, Y., Gao, B., Yao, Y., Fang, J., Zhang, M., Zhou, Y., Chen, H., Yang, L. 2014. Effects of feedstock type, production method, and pyrolysis temperature on biochar and hydrochar properties. *Chemical Engineering Journal*, 240, 574-578.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., Polat, S. 2008. Özel sebzeçilik. *Tekirdağ-2008*. 485s.
- T, Cu., Ristaino, J.B., S, Hu. 2004. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 247-255.
- Tabatabai, M. A., & Bremner, J. M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil biology and biochemistry*, 1(4), 301-307.
- Tabatabai, M. A., J. M. Bremner. 1970. Arylsulfatase activity of soils. *Soil Science Society of America Journal*. 34: 225 – 229.
- Thalman, A., 1968. Zur Methodik Der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität im Boden Mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC), *Landwirtsch, Forsch*, 21:249–258.

- Tosun, M., Akgün, İ., Sağgöz, S. 1997. Erzurum organik koşullarda bazı triticale hat ve çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi.Dergisi. 28 1, 103-119, 1997.
- Tryon, E. H. 1948. Effect of charcoal on certain physical, chemical, and biological properties of forest soils. *Ecological Monographs*, 18(1), 81-115.
- Tu, C., Ristaino, J. B., & Hu, S. 2006. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 247-255.
- Tüzel, Y., Öztekin, G. B., Ongun, A. R., Gümüş, M., Tüzel, I. H., & Eltez, R. Z. 2004. Organic tomato production in the greenhouse. In VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition 659 (pp. 729-736).
- Tüzel, Y., Onoğur, E., 2000. Serada Organik domates yetiştiriciliği, Tübitak, Türkiye Tarımsal Araştırma Yayınları, Ankara.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Saline and Alkali Soils, Agri.Handbook N0: 60, USA.
- Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil use and management*, 27(2), 205-212.
- Uzun, B.B., Pütün, A.E. and Pütün, E. 2006. Fast pyrolysis of soybean cake: product yields and compositions. *Bioresource technology*, 974, 569-576pp.
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Downie, A., Berger, E., Rust, J., & Scheer, C. 2010. Influence of biochars on flux of N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from Ferrosol. *Soil Research*, 48(7), 555-568.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. İzmir, Turkey.
- Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W., and Rillig, M. C. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil—Concepts and mechanisms. *Plant Soil* 300, 9–20.
- Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., & Joseph, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature communications*, 1, 1.
- Yanai, Y., Toyota, K., and Okazaki, M. 2007. Effects of charcoal addition on N<sub>2</sub>O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53, 181–188.
- Yang, Y., Hunter, W., Tao, S., Crowley, D., Gan, J. 2009. Effect of activated carbon on microbial bioavailability of phenanthrene in soils. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28, 2283-2288.
- Yoldaş, F. 2016. Organik Koşullar Altında Yetiştirilen Soğan Çeşitlerinin Verim ve Kalitesi Üzerine Organik Malç Materyallerinin Etkileri, *Original Peper, YYÜ Tar Bil Derg* YYU J AGR SCI 2016, 262: 238-244.

## EK LİSTESİ

### EK. 1. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların CO<sub>2</sub> Oluşumu üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	908.4291	113.554	22.3548
Hata	45	228.5821	5.080	
Toplam	53	1137.0111		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

### EK. 2. Saksı denemesinde farklı organik materyallerden hazırlanan ortam topraklarında ki mikrobiyal biyomas karbonu varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	13.076241	1.63453	21.6023
Hata	45	3.404907	0.07566	
Toplam	53	16.481149		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

### EK. 3. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	9190.165	1148.77	10.8169
Hata	45	4779.086	106.20	
Toplam	53	13969.251		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 4.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	407.74230	31.3648	292.6333
Hata	45	4.82315	0.1072	
Toplam	53	412.56545		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 5.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların arilsülfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	0.02863091	0.003579	2.9940
Hata	45	0.05378977	0.001195	
Toplam	53	0.08242068		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 6.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Doz	8	90.81296	11.3516	0.9938
Hata	45	513.98469	11.4219	
Toplam	53	604.79766		

Önemli değil.

**EK. 7.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların pH değeri üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Doz	8	0.07719654	0.009650	1.2550
Hata	44	0.33831667	0.007689	
Toplam	52	0.41551321		

Önemli değil.

**EK. 8.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların organik madde içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F*
Doz	8	38.45154	4.80644	2.4126
Hata	44	87.65702	1.99220	
Toplam	52	126.10856		

\* işaretli değerler % 5 düzeyinde önemlidir.

**EK. 9.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların Toplan N içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	0.02401007	0.003001	9.4642
Hata	44	0.01395310	0.000317	
Toplam	52	0.03796316		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.



**EK. 10.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir P içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	52.56010	6.57001	5.1577
Hata	44	56.04849	1.27383	
Toplam	52	108.60859		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 11.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir K içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	274835.26	34354.4	15.1993
Hata	44	99451.39	2260.3	
Toplam	52	374286.65		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 12.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Na içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	597.3492	74.6687	7.7490
Hata	44	423.9799	9.6359	
Toplam	52	1021.3291		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 13.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Mg içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	3283.242	410.405	2.3687
Hata	44	7623.647	173.265	
Toplam	52	10906.889		

\*\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 14.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Ca içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Doz	8	97503.75	12188.0	0.6522
Hata	44	822191.93	18686.2	
Toplam	52	919695.67		

Önemli değil.

**EK. 15.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Fe içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F*
Doz	8	14.209519	1.77619	2.7350
Hata	44	28.574670	0.64942	
Toplam	52	42.784189		

\* işaretli değerler % 5 düzeyinde önemlidir.

**EK. 16.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Cu içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Doz	8	0.1748130	0.021852	0.1642
Hata	44	5.8568774	0.133111	
Toplam	52	6.0316905		

Önemli değil.

**EK. 17.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Zn içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Doz	8	4.145177	0.518147	1.9342
Hata	44	11.786751	0.267881	
Toplam	52	15.931928		

Önemli değil

**EK. 18.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprakların alınabilir Mn içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F*
Doz	8	4.973689	0.621711	3.3472
Hata	44	8.172626	0.185742	
Toplam	52	13.146315		

\* işaretli değerler % 5 düzeyinde önemlidir.

**EK. 19.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinin boyu üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F**
Doz	8	804.0000	100.500	3.3600
Hata	45	1346.0000	29.911	
Toplam	53	2150.0000		

\* işaretli değerler % 1 düzeyinde önemlidir.

**EK. 20.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinin yaş ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F*
Doz	8	7941.613	992.702	2.7304
Hata	45	16360.867	363.575	
Toplam	53	24302.480		

\* işaretli değerler % 5 düzeyinde önemlidir.

**EK. 21.** Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının domates bitkisinin kuru ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F*
Doz	8	279.11300	34.8891	2.5529
Hata	45	614.99713	13.6666	
Toplam	53	894.11013		

\* işaretli değerler % 5 düzeyinde önemlidir.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Yakup Alpaslan ERGÜN  
**Doğum Yeri** : Ankara / Yenimahalle  
**Doğum Tarihi** : 16.10.1985  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-mail** : alparslan1914@gmail.com  
**İletişim Bilgileri** : Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi / ORDU

### Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Önlisans	Bahçe Tarımı	Selçuk Üniversitesi	2008-2011
Lisans	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme	Ordu Üniversitesi	2012-2015
Y. Lisans	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme	Ordu Üniversitesi	2015-

### İş Deneyimi:

Görev	Görev Yeri	Yıl

### Yayınlar :

- 1.
- 2.

