

**T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
2019-YL-146**

**ASİT KARAKTERLİ TOPRAKLARIN
ISLAHINDA BİYOKÖMÜR KULLANIMI VE
MİKROBİYOLOJİK AKTİVİTE ÜZERİNE
ETKİSİ**

Burak Alp KANTIK

**Tez Danışmanı:
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ**

AYDIN

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Burak Alp KANTIK tarafından hazırlanan “Asit Karakterli Toprakların İslahında Biyokömür Kullanımı ve Mikrobiyolojik Aktivite üzerine etkisi” başlıklı tez, 30/10/2019 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :	Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ	Aydın Adnan Menderes Ün.	
Üye :	Prof. Dr. Nur OKUR	Ege Ün.	
Üye :	Prof. Dr. Osman EREKUL	Aydın Adnan Menderes Ün.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans Tezi, Enstitü YönetimKurulununsayılı kararıyla/...../.....tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gönül AYDIN
Enstitü Müdürü

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu tezdesunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynakgöstererek belirttiğimi beyan ederim.

04/11/2019

Burak Alp KANTIK

ÖZET

ASİT KARAKTERLİ TOPRAKLARIN ISLAHINDA BİYOKÖMÜR KULLANIMI VE MİKROBİYOLOJİK AKTİVİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Burak Alp KANTIK

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ

2019, Sayfa 75

Yağış rejimine bağlı olarak özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi ve ülkemizin bazı lokal bölgelerinde tarım topraklarının reaksiyonu asit özellik taşımaktadır. Birde buna bilinçsiz ve aşırı (NH_4) $_2$ SO $_4$ gibi asit karakterli gübrelerin kullanımı eklendiğinde toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyecek şekilde pH'da düşmeler meydana gelmektedir.

Bu çalışma da Aydın ilinde faaliyet gösteren bir biyogaz tesisinin elektrik üretimi aşamasında ortaya çıkan katı atığı oksijensiz ortamda karbonlaştırma (piroliz) yöntemi ile biyokömür elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan biyokömür materyali 50 ppm $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ile doyurulmuştur. Elde edilen doymuş biyokömür, 2.5 ton/da ahır gübreli uygulanmış ve uygulanmamış asit karakterli bir toprağa 1, 3 ve 5 ton/da dozlarında uygulanarak toprakların pH değişimleri yanında bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal (CO_2 oluşumu, mikrobiyal biyomas, dehidrogenaz, üreaz, alkalın fosfotaz enzim aktivitesi ve N- Mineralizasyonu) değişimler laboratuvar şartlarında yürütülen 90 günlük bir inkübasyon denemesi ile belirlenmiştir.

Araştırma bulgularına göre biyokömürün artan dozlarına göre toprak pH'sında önemli bir iyileşme tespit edilmiştir. Özellikle biyokömürün $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ile doyurulması neticesinde toprakların pH'sının yükselmesinin yanında C, N ve P açısından da olumlu yönde etkilendiği belirlenmiştir. Bunun yanında artan biyokömür dozuna paralel olarak DHG enzim aktivitesi hariç, toprak solunumu (CO_2 oluşumu), mikrobiyal biyomas, alkalın fosfotaz, üreaz enzim aktivitelerinin de artışlar olduğu da tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, Toprak Solunumu, Toprak Enzim Aktivitesi, Toprak pH'sı

ABSTRACT

THE USE OF BIOCHAR FOR REMEDIATION OF ACIDIC SOILS AND ITS EFFECT ON SOIL MICROBIOLOGICAL ACTIVITY

Burak Alp KANTIK

M.Sc.Thesis, Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Selçuk GÖÇMEZ

2019, Pages 75

Depending on the precipitation regime, especially in the Eastern Black Sea Region and some local regions of our country, the reaction of agricultural soils is acidic. In addition, it is possible to use acidic fertilizers such as unconscious and excess $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Thus, the pH decreases and soil fertility is adversely affected.

In this study, biochar was obtained by using carbonization (pyrolysis) method under anaerobic conditions of the solid waste generated during electricity production of a biogas plant in Aydın. Then biochar is saturated with 50 ppm $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ and applied to an acidic soil of the rate of 1, 3 and 5 tons / da and to pH changes and some chemical, microbiological and biochemical (CO_2 formation, microbial biomass mineralization) properties. Were studied under laboratory conditions for 90 day incubation period.

According to the research findings, a significant improvement was detected in soil pH was determined depend on increasing doses of biochar. It has been determined that the pH of the soils is positively affected as well as C, N and P as a result of saturation of biochar with $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. However, it was determined that the activities of soil respiration (CO_2 formation), microbial biomass, alkaline phosphatase, urease enzyme were positively affected depending on increasing biochar dose except DHG enzyme activity.

Key Words: Biochar, Soil Respiration, Soil Enzyme Activity, Soil pH

ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim boyunca bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Denememin yürütülmesi sırasında benden yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Özlem ÜSTÜNDAĞ, Ziraat Mühendisi Fatih DEVECİ ve Ziraat Mühendisi Gülayfer ORDU'ya ayrı ayrı teşekkür ederim.

Ham madde tedarikinde yardımlarını esirgemeyen Efeler Biyogaz Elektrik Üretim A.Ş. çalışanlarına teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca hep yanımda olan benden maddi manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Burak Alp KANTIK

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Toprak Reaksiyonu	2
1.2. Toprak Asitliğinin Oluşumu.....	3
1.3. Toprakta Asitlik Çeşitleri.....	4
1.4. Toprak Reaksiyonu ve Verimlilik İlişkileri.....	4
1.5. Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin Elementlerinin Alınımı Üzerine Etkisi	6
1.6. Toprak Reaksiyonunun Toprak Canlıları Üzerine Etkisi	7
1.7. Asit Karakterli Toprakların Islahında Kullanılan Materyaller	8
1.8. Biyokömür Tanımı	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Birinci Aşama.....	17
3.2.2. İkinci Aşama	17
3.2.3. Üçüncü Aşama	18
3.3. Toprakta Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	18

3.4. Toprakta Yapılan Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analizler	19
3.5. Biyokömürde Yapılan Analizler.....	20
3.6. Ekstraksiyon Çözeltisinde Yapılan Analizler	21
3.7. İstatistiki Analizler	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
4.1. Denemede Kullanılan Toprak ve Organik Materyallerin Kimyasal Özellikleri	22
4.2. Biyokömürün Doyurulması İşleminde Kullanılan $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ Çözeltideki Analiz Sonuçları	23
4.3. Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları ve Değerlendirmesi.....	25
4.3.1. Biyokömür Uygulanmasının Toprak Solunumu (CO_2 Ölçümü) Üzerine Etkisi.....	26
4.3.2. Biyokömür Uygulamasının Mikrobiyal Biyomas Üzerine Etkisi	30
4.3.3. Biyokömür Uygulamasının Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	33
4.3.4. Biyokömür Uygulamasının Üreaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	36
4.3.5. Biyokömür Uygulamasının Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	39
4.3.6. Biyokömür Uygulamasının N-Mineralizasyonu Üzerine Etkisi.....	42
4.3.7. Biyokömür Uygulamasının Toprak Reaksiyonu (pH) Üzerine Etkisi.....	45
4.3.8. Biyokömür Uygulamasının Elektriksel İletkenlik (dS/m) Üzerine etkisi....	47
4.3.9. Biyokömür Uygulamasının Katyon Değişim Kapasitesi Üzerine Etkisi.....	49
4.3.10. Biyokömür Uygulamasının Organik Madde Üzerine Etkisi	51
4.3.11. Biyokömür Uygulamasının Toplam Azot Üzerine Etkisi	53
4.3.12. Biyokömür Uygulamasının Alınabilir Fosfor İçeriğine Etkisi	55
4.3.13. Biyokömür Uygulamasının Ekstrakte Edilebilir Potasyum İçeriğine Etkisi.....	57

4.3.14. Biyokömür Uygulamasının Ekstrakte Edilebilir Bor İçeriğine Etkisi.....	58
5. SONUÇ	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	75



KISALTMALAR DİZİNİ

A-FOS	Alkalın-Fosfataz Enzim Aktivitesi
A.G.	Ahır Gübresi
B.K.	Biyokömür
C:N	Karbon Azot Oranı
C-Min.	Karbon Mineralizasyonu
DHG	Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi
EC	Elektriksel İletkenlik
HClO ₄	Perklorik Asit
KCl	Potasyumklorür
LSD	Least Significant Difference
NaOH	Sodyum hidroksit
NH ₃	Amonyak
NH ₄	Amonyum
N-Min.	Azot Mineralizasyonu
NO ₂	Nitrit
NO ₃	Nitrat
p-NP	Para-nitrofenol
TPF	Trifenilformazan
TTC	Trifenil tetrasolium klorür

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye’deki pH dağılımı.....	1
Şekil 1.2. Besin elementlerinin optimum pH’da alınabilirliği	6
Şekil 3.1. İnkibasyon deneme planlaması	18
Şekil 4.1. Ekstraksiyon çözeltisinin NH ₄ konsantrasyonu ve Biyokömür ortalama NH ₄ giderim verimi (%)	24
Şekil 4.2. Ekstraksiyon çözeltisinin PO ₄ konsantrasyonu ve Biyokömür ortalama PO ₄ giderim verimi (%)	25
Şekil 4.3. İnkibasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama CO ₂ oluşumu	28
Şekil 4.4. İnkibasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama CO ₂ oluşumu	29
Şekil 4.5. İnkibasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Mikrobiyal Biyomas.....	32
Şekil 4.6. İnkibasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Mikrobiyal Biyomas miktarı	33
Şekil 4.7. İnkibasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi.....	35
Şekil 4.8. İnkibasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi miktarı.....	36
Şekil 4.9. İnkibasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Üreaz Enzim Aktivitesi değerleri	38
Şekil 4.10. İnkibasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Üreaz Enzim Aktivitesi miktarı	39
Şekil 4.11. İnkibasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi.....	41
Şekil 4.12. İnkibasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi miktarı	42
Şekil 4.13. İnkibasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama N-Mineralizasyonu	44

Şekil 4.14. İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama N- Mineralizasyonu miktarı	44
Şekil 4.15. İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Toprak Reaksiyonu (pH) Değişimi	46
Şekil 4.16. İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre Toprak Reaksiyon değişimi.....	46
Şekil 4.17. İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Elektriksel İletkenlik Ortalaması	48
Şekil 4.18. İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre Elektriksel İletkenlik...	49
Şekil 4.19. İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Katyon Değişim Kapasitesi Ortalamaları ve % Değişim Oranları	50
Şekil 4.20. İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre Katyon Değişim Kapasitesi Ortalaması	50
Şekil 4.21. İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Organik Madde ortalamaları ve % değişim oranları	51
Şekil 4.22. İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre Organik Madde içeriği ve % değişim oranları	52
Şekil 4.23. Uygulama ve dozlara göre Toplam Azot Miktarı ortalaması (%) ve değişim oranları	53
Şekil 4.24. Uygulamalara göre Toplam Azot Miktarları (%) ortalaması ve % değişim oranları	54
Şekil 4.25. Uygulama ve dozlara göre Alınabilir Fosfor ortalaması ve % değişim oranları	55
Şekil 4.26. Uygulamalara göre Alınabilir Fosfor ortalaması ve % değişim ortalaması.....	56
Şekil 4.27. Uygulama ve dozlara göre Ekstrakte Edilebilir Potasyum ortalaması ve % değişim oranları	57
Şekil 4.28 Uygulamalara göre Ekstrakte Edilebilir Potasyum ortalaması ve % değişim ortalaması	58

Şekil 4.29. Uygulama ve dozlara göre Ekstrakte Edilebilir Bor ortalaması ve %
değişim oranları59

Şekil 4.30. Uygulamalara göre Ekstrakte Edilebilir Bor ortalaması ve %
değişim ortalaması59



ÇİZELGELER DİZİNİ

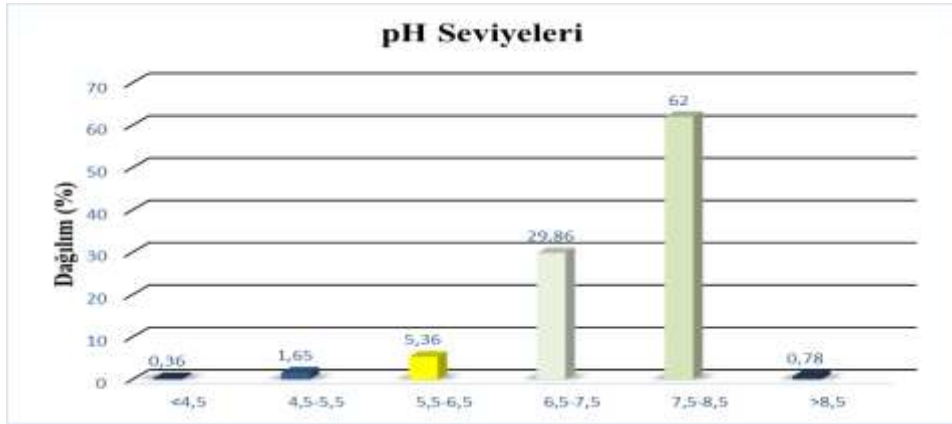
Çizelge 1.1. pH değerlerine göre toprak reaksiyonunun sınıflandırılması.....	3
Çizelge 1.2. Farklı organik materyallerden elde edilen biyokömürlerin piroliz sıcaklığına göre pH'larındaki değişim.....	10
Çizelge 3.1. İnkübasyon Deneme Planı	18
Çizelge 4.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	22
Çizelge 4.2. Organik materyallerinin bazı kimyasal özellikleri	23
Çizelge 4.3. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi.....	26
Çizelge 4.4. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan CO ₂ oluşumu miktarları	27
Çizelge 4.5. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan Mikrobiyal Biyomas	31
Çizelge 4.6. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi	34
Çizelge 4.7. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan Üreaz Enzim Aktivitesi	37
Çizelge 4.8. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi.....	40
Çizelge 4.9. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan N-Mineralizasyonu	43
Çizelge 4.10. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan Toprak Reaksiyonu (pH).....	45
Çizelge 4.11. İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde saptanan Elektriksel İletkenlik.....	47

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ile birlikte hayvansal ve bitkisel gıda maddelerine olan ihtiyaç da paralel olarak artış göstermektedir. Artan nüfus, mevcut doğal kaynakların yanlış kullanılması, değişen yaşam şekilleri ve standartları gibi pek çok etken dünyanın doğal kaynaklar bakımından taşıma kapasitesinin aşılmasına neden olmuştur. İnsanoğlunun ihtiyaçlarını karşılaması için vazgeçilmez olan toprağın bulunduğu araziler kentsel ve endüstriyel yerleşim ile hızla azalmaktadır. Endüstriyel ve tarımsal faaliyetler hem çevre hem de toprakların kirlenmesine neden olmaktadır.

Ülkemizde yoğun ve bilinçsiz yapılan tarımsal ilaçlama ve gübreleme gibi tarımsal faaliyetler havada, toprakta ve suda kirliliğe sebep olmaktadır.

Toprakların azalan organik madde miktarlarını arttırmak ve toprağı iyileştirmek için son yıllarda bu konu üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. Bu çalışmalar sonucunda olabilecek çözümlerden biriside biyokömürdür. Biyokömür topraklara bitkinin kompostlaştırılarak değil, karbonlaştırılarak ilave edilmesini öngörmektedir. Topraklara biyokömür uygulamasıyla birlikte, ayrışmaya dayanıklı olması nedeniyle topraklarda uzun yıllar ayrışmadan kalabilmekte ve böylece organik C içeriğinin artmasına katkı sağlamaktadır.



Şekil 1.1 Türkiye topraklarının pH dağılımı (Anonim, 2018)

Türkiye topraklarının %62' sinin pH' sı 7.5-8.5 arasındadır. 6.5-7.5 pH aralığına sahip topraklar ise yaklaşık %30 dur. Geri kalan toprakların oran olarak %9.5' i ise asit karakterliolarak bilinmektedir (Şekil 1.1).

Karadeniz Bölgesindeüreticilerin çay tarımında, özellikle amonyum sülfat gübresini tek başına ve gereğinden fazla kullanmaları sonucu toprak tepkimesi giderek asitleşmiş ve topraklar verimlilik kabiliyetini yitirmeye başlamıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ekonomik anlamda çay tarımı yapılan Artvin, Rize ve Trabzon illerinin geneli dikkate alındığında, kuvvetli asit gurupta ($\text{pH}<4,50$) yer alan toprak örneklerinin oranının % 86,26 olduğu bilinmektedir. Bölge geneli itibariyle, analiz edilen 262 adet toprak örneğinin ancak 36 adedi çay için uygun değer kabul edilen pH sınırları içinde yer almaktadır. Bu toprak örneklerinin tüm topraklar içindeki oranı ise % 13,74 olarak gerçekleşmiştir (Özyazıcı vd., 2013).

Bu çalışma ile Aydın ilinde faaliyet gösteren bir biyogaz tesisinin elektrik üretimi aşamasında ortaya çıkan katı atığı oksijensiz ortamda karbonlaştırılmış ve biyokömür elde edilmiştir. Elde edilen biyokömür 50 ppm $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ile doyurularak, asit karakterli bir toprağa 1, 3 ve 5 ton/da dozlarında uygulanarak toprakların pH değişimleri ve buna bağlı olarak bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişimler bir inkübasyon denemesi ile incelenmiştir.

1.1. Toprak Reaksiyonu

Toprak pH'sı; toprak çözeltisindeki hidrojen iyonları konsantrasyonunun eksi logaritması olarak tanımlanır. Toprak tepkimesi, toprak çözeltisinde bulunan hidrojen iyonu doyunluğuna göre özellik kazanır. Toprak çözeltisi tek düze özellikler taşımayıp pedogenetik olaylara ve horizon derinliklerine göre değişim gösterebilir. Buna bağlı olarak topraklar, asit, nötr yada alkali tepkimeli olabilirler.

Kolloidlerin çevresindeki toprak çözeltisi içinde H^+ iyonları niceliği OH^- iyonları niceliğine eşit olduğu koşullarda toprak tepkimesi nötr, H^+ iyonları niceliği OH^- iyonlarından fazla ise asit, tersi konumda ise toprak tepkimesi alkali olarak adlandırılır (Kacar ve Katkat, 2006).

Elde edilen farklı pH değerlerine göre toprak reaksiyonunun sınıflandırılması Çizelge 1,1'de görülmektedir.

Çizelge 1.1pH değerlerine göre toprak reaksiyonunun sınıflandırılması

<i>pH</i>	<i>Reaksiyon Sınıfı</i>
<4.5	Aşırı derecede asit
4.5-5.0	Kuvvetli asit
5.0-5.5	Orta derecede kuvvetli asit
5.5-6.0	Orta derecede asit
6.0-6.5	Hafif asit
6.5-7.0	Çok hafif asit
7.0	Nötr
7.0-7.5	Çok hafif alkalin
7.5-8.0	Hafif alkalin
8.0-8.5	Orta derecede alkalin
8.5-9.0	Kuvvetli alkalin
9.5<	Çok kuvvetli alkalin

Toprak reaksiyonu, sayısız toprak özelliklerinin bir indikatörü olup, toprağın çoğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkileyen önemli toprak özelliklerindedir. Herhangi bir toprağın bitki gelişme ortamı olarak uygunluğu ve mikroorganizmalarca arzu edilmesi dahi o toprağın asit, nötr yada alkalin karakterde olup olmamasına bağlıdır (Karaman vd., 2012).

Toprak reaksiyonu, bitkilerin gelişimi ve bitki besin maddelerinin alınabilirliği yanında organik maddenin huminleşme derecesini ve mikroorganizma faaliyetlerini önemli derecede etkileyen bir toprak bileşenidir (Güçdemir, 2006).

1.2. Toprak Asitliğinin Oluşumu

Nötr veya alkali tepkimeli topraklarda, toprak çözeltisindeki katyonlar yoğun olarak Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ vb. ibarettir ve bunlar çözeltideki anyonlar ile dengededir. Bu katyonların çeşitli nedenlerle topraktan uzaklaşması ve yerlerini H^+ , Al^{3+} , vb. iyonlara ya da protonlara bırakması toprak asitleşmesine neden olur. Temel katyonlar bitkiler tarafından alınmış ya da yıkanmaya bağlı olarak topraklardan uzaklaşmış ise ortaya çıkan asitlik kalıcı bir özellik taşır. Ancak, bitkiler tarafından katyonların alınması ile ortaya çıkan asitlik, bitkinin ölümü

sonrası tekrar toprağa organik madde olarak geri döner. Sonuçta bu koşullarda geçici asitlik özelliği ortaya çıkar (Wild, 1993).

Toprak asitliği, serbest organik ve inorganik kolloidlerin bazlarla doymamasından ileri gelmektedir. Yağışlı bölge topraklarında, topraktaki bazların yıkanması sonucunda topraklar asit bir tepkime verir (Altınbaş vd., 2004).

Toprağın asitleşme nedenleri çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Kış yağmurları ve sulama suyu ile temel katyonların yıkanması ve NH_4 'lu gübrelerin kullanımının artışı toprak asitliliğine neden olmaktadır. Ayrıca toprak çözeltisindeki organik asitlerin disiasasyonu, organik maddenin mineralizasyonu, mikrobiyal solunum ve nitrifikasyon pH'ya bağlı asitleşme nedenlerindedir (Deorge vd., 1985).

1.3. Toprakta Asitlik Çeşitleri

Toprak asitliği, aktif, potansiyel ve toplam asitlik olmak üzere üç şekilde tanımlanmaktadır. Toprak çözeltisi içerisinde bulunan H^+ iyonları, toprağın aktif veya aktüel asitlik derecesini gösterirken, toprak kolloidlerince tutulmuş (adsorbe) H^+ , Al^{3+} vb. iyonlar ise potansiyel asitlik olarak adlandırılır. Aktif ve potansiyel asitlik toplamları, toplam asitliği verir. Topraklardaki aktif ve potansiyel asitlik derecelerinde dinamik bir denge vardır.

Toprakta aktif asitliğin azalması durumunda, kolloidler tarafından tutulmuş olan H^+ ve Al^{3+} gibi iyonların bir bölümü toprak çözeltisine doğru hareket ederek elektriksel dengeyi yeniden oluşturur. pH metre ile ölçülen ve güncel kullanılan pH değerleri toprağın aktif asitliğidir. Potansiyel asitlik, aktif asitliğin birkaç bin katından fazla asitliği veren iyonları içerir. Toprak asitliğinin istenilen düzeye getirilmesine yönelik çalışmalarda, aktif asitlik yanında potansiyel asitlikte temel alınır. Potansiyel asitlik toprak bünyesi ile doğrudan ilişkilidir. Kil bünyeli ve organik maddece zengin toprakların potansiyel asitlik güçleri kum bünyeli topraklardan 50-100 bin kat daha fazladır (Sağlam vd., 1993).

1.4. Toprak Reaksiyonu ve Verimlilik İlişkileri

Toprak verimliliğini tayin eden önemli faktörlerden birisi de toprak reaksiyonu olup, topraklardaki tüm kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçler ile toprak

özellikleri üzerine çok sayıda önemli role sahiptir (Brady ve Weil, 2008; Sağlam, 2008).

Asit karakterli toprakların verimliliğinin artırılmasında kireçlemenin önemi büyüktür. Kireç noksanlığı, asit karakterli topraklarda verimi kısıtlayıcı bir faktördür. Bu nedenle toprakların asit reaksiyonu derecesine göre uygulanacak kireç miktarlarının ekilecek bitkiye göre belirlenmesi gerekmektedir (Özdemir, 1997).

Tarım topraklarında bitki besin maddelerinin yayılgılıkları ve toprak canlılarının faaliyetleri için en ideal pH değeri 6-7 arasındadır. Bu değerlerin altı veya üstünde de tarım yapılabilir ama ideal değerlerden uzaklaştıkça bazı olumsuzluklarla karşılaşılır. Bu nedenle toprak pH'sına bakarak topraktaki olası bitki besin maddesi noksanlıkları veya toksitelerini tahmin etmek mümkündür. Çok kuvvetli asit topraklarda ($pH < 4.5$) değışebilir kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) miktarları çok azdır. Buna karşılık demir (Fe), alüminyum (Al), mangan (Mn) ve borun (B) çözünlükleri çok yüksektir. Özellikle de çözünlüğü fazla olan alüminyum bitkilere toksik etki yapar. Alüminyum, demir ve manganın çözünlüğü pH arttıkça düşer ve çözeltideki miktar azalır. Nötr veya alkali pH değerlerinde ise bazı bitkiler yayılgılı demir ve mangan noksanlığından zarar görürler. Eğer toprak reaksiyonu 6-7 pH değerleri arasında tutulursa alüminyum, demir ve manganın toksik etkisi önlendiğı gibi bitkilere yeterli, yayılgılı formları da sağlanmış olur. Bu değerlendirme çinko ve bakır elementleri içinde geçerlidir.

Birçok araştırmacı asit toprakların bitkisel üretimi sınırlayıcı etkisini, genellikle toprakta bulunan bazı bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilirliklerinin çok azalmasına ve bazı bitki besin elementlerinin de toksik etki gösterebilecek düzeyde çözünlüklerinin artmasına bağlamışlardır. Aynı araştırmacılar asit topraklarda verimliliğın azalmasına, bitkiler tarafından alınabilir Fe, Al ve Mn'in toksik etkileri ile P, Ca ve Mg gibi bitki besin elementlerinin eksikliklerinin neden olabileceğini ifade etmektedirler (Foy ve Brown 1963, Cosgrove 1967, Bayraklı 1975, Ateşalp 1976, Foy 1984 ve Aydemir 1985).

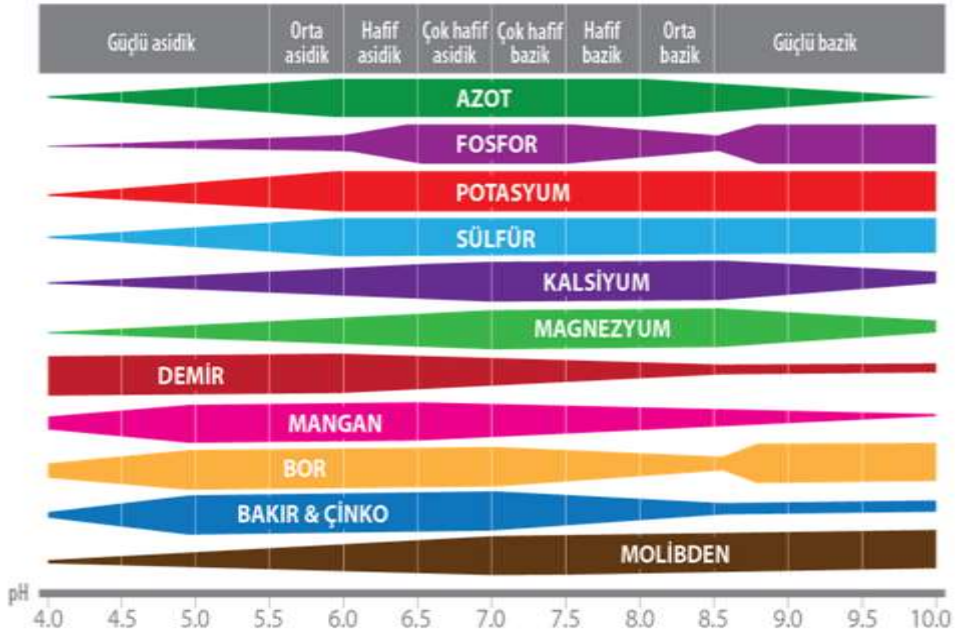
Her bitki belli bir pH sınırına tolerans gösterir ve gelişimini o sınırlar içerisinde sürdürür. Bitki gelişimi, tolerans gösterdiği pH sınırının alt ve üst değerleri ötesinde yavaşlar ve ürün miktarında düşüş kaydedilir. Çünkü bu sınır pH değerleri ötesinde bitkilere elverişli durumda bulunan besin elementlerinin

elverişliliğinin azalması veya bu elementlerin çözünürlüğünü arttırmak suretiyle bitkiler için toksik düzeye yükselmesi bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler (Bilen vd., 1993).

1.5. Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin elementlerinin alınımı üzerine etkisi

Toprak reaksiyonu, tüm bitki besin elementlerinin çözünürlüğü, hareket kabiliyeti ve elverişliliğini etkileyen en önemli faktördür (Adiloğlu ve Adiloğlu,2005). Toprak pH'sının bitki gelişmesi üzerine olan en yaygın etkisi beslenme ile ilgilidir. Toprak pH değerleri bitki besin elementlerinin ayrışma olayları ile serbest hale geçmesini, çözünürlüklerini ve iyon tutucular tarafından tutularak depolanmasını etkiler. Organik maddedeki azotun ayrışması ve mineralizasyonu pH 6.0-8.0 düzeylerinde, fosforun elverişliliği pH 6.5-7.5 arasında, potasyumun elverişliliği ise 8.5'den yüksek pH değerlerinde artmaktadır. İnorganik kükürtün alınabilirliği ise tüm pH düzeylerinde yüksektir (Karaman vd., 2007).

Toprak pH'ı yükseldikçe ve azaldıkça bir takım elementlerin de bitki tarafından alınımı azalmaktadır. Bu durum Şekil 1,2'de gösterilmektedir.



Şekil 1.2 Besin elementlerinin optimum pH da alınabilirliği (Anonim, 2018)

Asit topraklar, toprak çözeltilisine fazla miktarda hidrojen iyonları geçişine yol açarlar. Böylece bitkinin yetişmesine elverişli olmayan bir ortam oluşur. Zabunoğlu (1973), asit reaksiyonlu topraklara kireçleme yapılmadan uygulanacak gübrelemenin herhangi bir yarar sağlamayacağını, ancak kireçleme yapıldıktan sonra pH yükselmesine bağlı olarak gübrelemeden yarar sağlayabileceğini söylemişlerdir.

Asit reaksiyonlu topraklar bitki besin elementlerinin elverişliliği üzerine etkili olmakta ve genellikle bitki besinlerinin sömürülmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Daha düşük pH'larda ise hiçbir bitki yetişmemektedir (Karaman vd., 2012).

Toprak reaksiyonunun (pH) asitliği ve alkaliliği, makro ve mikro besin elementlerinin yararlılığını etkilemektedir. Asit topraklarda değişebilir hidrojen, alüminyum ve mangan bitkilere zehir etkisi yapacak seviyeye kadar artar. Bu durumda, bitkilerin kök gelişmesini ve suyun toprağa girişini ve depolanmasını engelleyebilir (Dalgliesh 2006).

Tok'un (1996) bildirdiğine göre, pH derecesinin 6,8'den 5,0'a düşmesi durumunda mısır bitkisinde % 27'lik, buğdayda % 24'lük, yulafta % 5'lik, arpada % 72'lik ve yoncada ise % 92'lik verim düşüşlerinin olduğu denemelerle saptanmıştır.

1.6. Toprak Reaksiyonunun Toprak Canlıları Üzerine Etkisi

Toprak reaksiyonu, topraktaki çeşitli mikroorganizmaların sayıları ve aktiviteleri üzerine önemli etkide bulunur (Andersson ve Nilson, 2001; Fuentes vd., 2006). Genellikle düşük pH düzeylerinde toprak ve özellikle kök bölgesinde funguslar egemen olduğu halde, yüksek pH düzeylerinde bakteriler fazla bulunur. Azotun nitrifikasyonu, çoğunlukla toprak pH'sına bağlıdır. Çünkü söz konusu bakteriler, nötr toprak koşullarını daha fazla tercih ederler.

Toprak pH'sı toprakta bulunan besin elementlerinin elverişliliğine, toprağa üretkenlik ve verimlilik kazandıran mantar, bakteri ve aktinomisetlerin aktivitesine ve toprak strüktürünün oluşumuna doğrudan ve dolaylı biçimde etkili olmaktadır (Sezen, 1991).

Yararlı toprak mikroorganizmaları nötr değere yakın (6-7) pH'ları tercih ederler. Bu yüzden genellikle artan asitlikle beraber mikroorganizma çeşitlerinde ve

aktivitelerinde değişiklik meydana gelir. Bu da mikrobiyal ayrışmada büyük değişiklikler olması anlamına gelir ve besin elementlerinin immobilizasyonuna yol açabilir (Sullivan vd. 2017).

Toprakta faydalı mikroorganizmaların faaliyetlerini artırmak açısından, diğer faktörler yanında toprak reaksiyonunun da iyi bir şekilde kontrolü ve bu mikroorganizmalar için mümkün olduğu kadar optimal bir reaksiyonun sağlanması gerekir. Örneğin, bakteriler 6.0-8.0, aktinomisetler 7.0-7.5 ve funguslar 4.0-5.0 pH dereceleri arasında optimal düzeyde yaşamlarını devam ettirirler (Karaman vd., 2012).

1.7. Asit Karakterli Toprakların Islahında Kullanılan Materyaller

Toprağın pH değerini yükseltmek için kullanılan kireç, toprağın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini etkilemektedir. Kireçli materyal uygulamaları topraktaki bazı bitki besin elementleri ve özellikle N, P, Ca ve Mg'un bitkiler tarafından alınabilirliğini artırmakta, buna bağlı olarak ürün verimi de artmaktadır. Düşük pH değerlerinde toksik etki yapabilecek düzeyde çözünürlüğü artan alüminyum (Al) ve mangan (Mn) gibi bazı bitki besin elementlerinin toksik etkileri, kireç ilavesi ile azalmaktadır (Adiloğlu,1989; Şimşek, 1998; Kant vd., 2006; Şinik, 2011; Chimdi vd., 2012; Barik vd., 2013)

Kireç uygulamaları ile toprak pH'sı arasında pozitif korelasyon, toprakta alüminyum ve demir (Fe)'in farklı formları arasında ise negatif korelasyon bulunmaktadır (Sharma ve Dixit, 1994).

Toprak asitliğini gidermek için kireç taşı, sönmüş kireç, sönmemiş kireç, dolomit gibi kalsiyum bileşikleri en çok kullanılan kireçleme materyalidir. Asit toprakların yaygın olduğu ölkelerde, kirece alternatif olmak üzere cüruf (kalsiyum ve magnezyum silikat), şeker fabrikası atığı, çimento fırını tozu, kağıt ve çelik endüstrisi atıkları, yumuşakça kabukları, doğal kalsitik kireç gibi yerel kaynaklar ile toprak asitliğini düzeltmek için farklı ürünlerde çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Gonzalez-Fenandez vd., 2004; Castro ve Crusciol, 2013).

Asit topraklara verilecek kireç miktarına toprağın pH'sı, tekstürü, organik madde miktarı, kil tipi ve miktarı, bitkinin pH isteği, kireçleme materyalinin parça büyüklüğü ve saflık derecesi etkili olmaktadır (Ignatief ve Page, 1965; Mulder vd., 1989).

Bazı araştırmacılar, yaptıkları çalışmalarda asit topraklara ihtiyaçtan fazla kireç uygulanmasının toprakta fosfor fiksasyonunu arttırdığını ve bitkiler tarafından alınabilirliğinin azaldığını belirlemişlerdir (Estrade ve Cumming, 1968; Amarasiri ve Olsen, 1973; Smilde, 1973; Sezen, 1981).

Kamprath ve Foy (1984), asit özellikteki toprakların normal bitki gelişimi için mutlaka kireçlenmesi gerektiğini ve asit topraklarda ıslah edilen bitki çeşitlerinin yetiştirilmesinin bile, kirelemenin önemini gölgeleyemeyeceğini bildirmektedir.

1.8. Biyokömür Tanımı ve Asit Reaksiyonlu Toprakların İslahında Kullanımı

Biyokömürün Uluslararası Biyokömür Girişimi (International Biochar Initiative) tarafından tanımı řu şekildedir; “Biyokömür, yüksek organik karbon içerikli, çok uzun sürede çözünen, çok ince yapılı, organik kaynaklı kömürdür”.

İklim değişimlerinin kaynağı olarak yanlış toprak yönetimi ve toprak işleme veya ölleşme faktörlerine karşı yeni tarım teknikleri ile toprağın karbon kaynağını zenginleştirmek veya yerinde korumak önemsenen bir etkindir (Lal, 2004).

Biyokömür elde etmenin en uygun yöntemi pirolizdir (pyrolysis). Bu da mevcut biokütlenin (bitkiler veya hayvansal atıkların) moleküllerinin çok yüksek ısıda (250°C – 1000°C), çok az oksijenle veya oksijensiz olarak termokimyasal şekilde ayrıştırılması, çözülmesi yöntemidir (Farrell vd. 2013).

Biyokömürün özelliğı, kaynağın özellikleri ve üretim prosesiyle yakından ilgilidir. Üretim sıcaklığının, biyokömürün karbon (C) içeriğı, pH ve katyon değişim kapasitesi (CEC) üzerinde derin bir etkisi olduğı belirtilmiştir. Biyokömür ile toprağın karıştırılmasının ardından, toprak reaksiyonunda, katyon değişim kapasitesinde ve değişebilir asitlik seviyelerinde (asit doygunluğu) değişiklikler gözlemlenir. Bu değişimler, iklim koşullarına, mineralojiye, kil içeriğine, toprak organik maddesinin miktarına ve organik maddenin kalitesine bağlıdır.

Biyokömür hammaddeleri organik ve inorganik içerikli olmak üzere iki kısımdan oluşur. Piroliz sonucunda organik madde bozunur, karbon ve mineral kalır. Karbon ve mineral içerikli bu karışım biyokömürü oluşturmaktadır. Bu nedenle; mineral içeriğı bakımından yüksek olan her organik madde, ısıl işleme tabi tutulduğunda biyokömür elde edilebilir (Keiluweit vd., 2010).

Biyokömür üretimi için hammadde seçiminde bazı konulara dikkat edilmesi gerekir. Bu konular; besin maddesi içeriği (kullanılabilirliği), pH, kirletici maddeler (ağır metaller, toksinler), partiküllerin boyut dağılımıdır. Toprak ıslahı etkileri üzerine biyokömürün elde edildiği materyalin özellikleri önemlidir (McClellan vd., 2007).

Biyokömür uygulandığı topraklarda; toprak pH'sını artırarak metallerin hareketliliğini azaltmaktadır (Peng vd., 2011; Dong vd., 2011). Uygulama sonrasında toprak pH'sındaki artış biyokömürün kül içeriğine bağlanabilir (Çizelge 1.2) (Chirenje ve Lena, 2002). Hoshi, (2001) ve Van Zwieten vd., (2007) yaptıkları çalışmalarda çay ve buğday artıklarından elde edilen biyokömür uygulandığında toprak pH'sının arttığını rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada da, toprağa biyokömür eklendiğinde toprağın KDK (Kasyon Değişim Kapasitesi) ve besinlerin tutunma kapasitesi arttığı belirlenmiştir (Rondon vd., 2007).

Çizelge 1.2 Farklı organik materyallerden elde edilen biyokömürlerin piroliz sıcaklığına göre pH'larındaki değişim

<i>Materyaller</i>	<i>Piroliz sıcaklığı (°C)</i>	<i>pH</i>
<i>Elma Ağaç Kabuğu</i>	400	7.02
	500	9.64
	600	10.04
	700	10.03
	800	10.02
<i>Meşe ağacı</i>	400	6.43
	500	8.10
	600	8.85
	700	9.54
	800	9.68
<i>Çeltik kabuğu</i>	400	6.84
	500	8.99
	600	9.41
	700	9.52
	800	9.62
<i>Çeltik Samanı</i>	400	8.62
	500	9.82
	600	10.19
	700	10.39
	800	10.47

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Zhai vd. (2014), Çin'de yapmış oldukları bir çalışmada pH'sı 8.27 olan toprakta mısır artıklarından elde edilen biyokömür materyalinin farklı dozlarını (% 0, 2, 4 ve 8) kullanılarak 42 günlük bir inkübasyon denemesi kurmuşlardır. Çalışmada biyokömür uygulama dozlarının toprakların pH ve yarayıklı fosfor (P) özellikleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda biyokömür uygulamalarının; yüksek pH içeriğine sahip olan toprakta pH üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Shenbagavalli ve Mahimairaja (2012), Hindistan'da pH değeri 8.42 olan bir toprağa, prosopis ağaçlarından elde edilen biyokömürün (pH 7.57) farklı dozlarını (% 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 $17.9 \text{ cmol kg}^{-1}$ iken % 5 biyokömür uygulamalarında $19.47 \text{ cmol kg}^{-1}$ değerine yükselerek önemli bir artış gözlenmiştir. Biyokömür uygulanma oranının artması ile organik C içeriği inkübasyonun 90'ıncı gününde daha da artmıştır. Mineral N ($\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) değerlerinde ise inkübasyon süresinin artması ile önemli bir azalma gözlemlenmiştir.

Dume vd. (2015), yaptıkları çalışmada kahve kabuğundan ve mısır koçanından biyokömür üretmişlerdir. Bu iki materyalin sonuçlarına bakıldığında, kahve kabuğundan üretilen biyokömür materyalinin, mısır koçanından üretilen biyokömür materyaline göre daha yüksek pH değerine sahip olduğunu gözlemlenmişlerdir. Bunun sebebinin ise kahve kabuğunun daha, yüksek katyon konsantrasyonundan ileri geldiği bildirmişlerdir. Kahve kabuğu materyalinde bulunan Ca, Mg, Na ve K gibi bazik katyonları, karbonat ve bikarbonatlarının hidrolizi sonucu pH değerinin yükseldiği sonucuna varmışlardır.

Sera koşullarında yürütülen 2 farklı toprak çeşidi ve 2 farklı biyokömürün fasulye, turp ve yer fıstığı bitkileri üzerine etkisi araştırılmıştır (Zweiten vd. 2010). Araştırmada kullanılan 2 farklı kömürün kireç ve karbon içeriğinin sırasıyla %33 ve %29, %50 ve %52 olduğu belirtilmiştir. 10 t ha^{-1} ferrosol ile birlikte toprağa uygulanan biyokömüre bağlı olarak pH, KDK, değişebilir Ca ve toplam C'un arttığı, 2. biyokömür ile ayrıca değişebilir K miktarının da arttığı belirtilmiştir. Ferrosol ile birlikte uygulanan biyokömür ile Al miktarının azaldığı tespit

edilmiştir. Her 2 biyokömür uygulamasına bağlı olarak buğdayın N alımının kontrole göre %250'ye varan oranlarda arttığı belirtilmiştir. Biyokömür uygulamasına bağlı olarak turp ve soya fasulyesi bitkilerinin ürün miktarında da artışlar meydana gelmiştir.

Schulz ve Glaser (2012), toprak kalitesi ve bitki gelişimi üzerine biyokömürün etkisini organik ve inorganik gübrelerle karşılaştırmalı olarak araştırmak üzere verimsiz kum bünyeli bir toprakta yürütülen sera denemesinde; kontrol, mineral gübre ($111,5 \text{ kg N ha}^{-1}$, $111,5 \text{ kg P ha}^{-1}$, $82,9 \text{ kg K ha}^{-1}$), kompost (ağırlıkça %5), biyokömür (ağırlıkça %5), biyokömür+mineral gübre (sırasıyla ağırlıkça %5 ve mineral gübre $111,5 \text{ kg N ha}^{-1}$, $111,5 \text{ kg P ha}^{-1}$, $82,9 \text{ kg K ha}^{-1}$) ve biyokömür+kompost (sırasıyla ağırlıkça %2,5) uygulamaları yapılmış ve iki dönem yulaf yetiştirilmiştir. Tek başına kompost uygulaması her iki dönemde de yüksek yulaf ürünü oluşturmuş, bunu biyokömür+kompost uygulaması izlemiştir. Mineral gübre ile birlikte biyokömür uygulaması bitki gelişimini tek başına mineral gübre uygulamasına göre daha fazla artırmıştır. Birinci gelişme dönemine göre ikinci gelişme döneminde üründe önemli miktarda azalma olmuştur. Biyokömür ve kompost ilavesi her iki dönemde de toplam organik C miktarını önemli düzeyde artırmıştır. Biyokömür uygulamasına bağlı olarak artan kül uygulaması nedeniyle toprakta baz doygunluğu artarken KDK'da değişim olmamıştır. Kompost uygulaması ise KDK'yı önemli oranda artırmıştır. Biyokömür uygulaması toprak pH'sını artırmış ancak bazı katyonların yıkanması nedeniyle bu etki ikinci ürün döneminde daha az olmuştur. Biyokömür uygulaması deneme süresince amonyum, nitrat ve fosfor yıkanmasını azaltmamış ancak nitrifikasyonu azaltmıştır. Genel toprak verimliliği ve bitki gelişimi; kompost>biyokömür+kompost>mineral gübre+biyokömür>mineral gübre>kontrol sırasına göre azalış göstermiştir.

Chan vd. (2008), toprak düzenleyici olarak biyokömürün etkisini araştırmak üzere yürüttükleri saksı denemesinde 0, 10, 25 ve 50 t ha^{-1} biyokömürü azotsuz ve 100 kg ha^{-1} azotla birlikte uygulayarak turp bitkisi yetiştirmişlerdir. Azotlu ve azotsuz biyokömür uygulamasının 10 t ha^{-1} gibi düşük uygulama düzeyinde bile turp verimini artırdığı belirlenmiştir. Ürün artışının 10 t ha^{-1} düzeyinde %42, 50 t ha^{-1} düzeyinde ise %96 düzeyine ulaştığı, bu ürün artışının biyokömürün N yararlılığını artırmasından kaynaklandığını vurgulanmıştır. Çünkü azot uygulanması durumunda bile biyokömür uygulamasıyla daha yüksek ürün değerlerine ulaşıldığı, düşük sıcaklıkta (450°C) elde edilmiş olan aktifleştirilmemiş

biyokömürün yüksek sıcaklıkta (550°C) elde edilen aktifleştirilmiş biyokömürden daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin de yüksek olasılıkla P içeriğine bağlı olduğu belirtilmiştir. Biyokömür uygulamasının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri bozuk olan toprağın C, N, pH, yarayışlı P içeriğini iyileştirerek ve toprak direncini azaltarak iyileşme sağladığı, toprağın mikrobiyal biyokütlesini topraktaki solucanlarının istediği özelliklere getirerek biyolojik özellikleri düzenlemede etkili olduğu belirtilmiştir.

Rodriguez vd. (2009), asidik topraklarda yaptıkları bir çalışmada, toprağa biyokömür ilave edilmiş topraklarda mısır bitkilerinin uzunluğunun 40 gün içinde 53,4 cm'ye ulaşırken, biyokömürsüz topraklarda bu uzunluğun 27,1 cm'de kaldığını tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada, bitki başına toplam kök biyokütlesi biyokömürsüz topraklarda 10,1 g iken; biyokömür ilave edilmiş topraklarda 38,4 g'a kadar çıkmıştır.

Kara (2016), biyokömür uygulamak için toprakların pH değeri üzerine istatistiki olarak %5 önem düzeyinde etkili bulunmuş ve kontrol saksılarına kıyasla düşüşe neden olmuştur. Kontrole göre en yüksek düşüş, pH değeri de diğer biyokömürlerden düşük olan okalipütüs uygulamasının 20 t/ha dozunda gözlenmiştir. Bunun yanı sıra uygulamaların kendi aralarında değerlendirilmelerinin yapıldığı genel durumda, en düşük pH değerine sahip topraklar, uygulanan biyokömürler arasındaki tek hafif asit tepkimeye sahip materyal olan okalipütüs biyokömürünün uygulandığı topraklar olarak belirlenmiştir.

Gaunt vd. (2009), yapmış oldukları çalışmada, biyokömür uygulaması ile toprak biyolojik aktivitesinin ve bununla birlikte CO₂ üretiminin arttığını, dolayısıyla biyokömür uygulamasının C mineralizasyonunu arttırdığını rapor etmiştir. Biyokömürün atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltmak amacıyla kullanımının önerildiği düşünüldüğünde, biyokömürün uygulamasının CO₂ üretimini artırması olumsuz bir sonuç gibi görülse de, toprağa kazandırılan karbon ile topraktan CO₂ oluşumu yoluyla azalan karbon karşılaştırıldığında, biyokömür uygulamasının atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunu azaltmada etkili olduğu da bildirilmektedir.

Belirli koşullarda besin elementi alımında olumlu etkileri tartışmasız olan mikorizanın biyokömür ile birlikte kullanıldığı bir çalışmada (Glaser vd., 2002),

düşük dozda azot uygulamasının yüksek dozda azot uygulamasına oranla mikoriza kolonizasyonunu azalttığını bildirilmiştir. Bu bilgi ışığında biyokömürün bazı etkilerinin tek başına olmayabileceği, kimi zaman da bu etkinin başka diğer uygulamalarla interaksiyon sonucu ortaya çıkabileceği bilgisine varılmaktadır. Nitekim biyokömür buğday anızı ile birlikte uygulandığı araştırmada Lehman vd., (2002) tarafından elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tek başına biyokömür uygulamasının toprağın CO₂ üretimini kontrole oranla istatistiksel olarak artırmadığı, buğday anızının tek başına ve biyokömür ile birlikte uygulandığında ise CO₂ üretimini kontrole göre belirgin olarak arttığı, en yüksek değer ise buğday anızı ile biyokömür beraber uygulandığı uygulamalardan elde edildiği görülmüştür.

Lehmann vd. (2009), biyokömürün 1878'lere kadar uzanan toprak düzenleyici kullanım vakti, son zamanlarda atmosferde oluşan CO₂'in ve bununla ilişkili olarak küresel ısınmanın etkilerini düşürülmesine yönelik kullanım potansiyeli sebebiyle yeniden popüler olmuştur. Tarım alanlarında biyokömürün kullanılması ile pek çok toprak özelliğinde değişim gözlenmemiştir.

Kurt (2016), biyokömür ve vermikompostun mısır bitkisinin kök bölgesindeki enzim aktiviteleri üzerine etkisini araştırmıştır. Denemede biyokömür ve vermikompost organik materyalleri çeşitli oranlarda karıştırılarak (% 100 biyokömür, % 100 vermikompost, % 75 biyokömür + % 25 vermikompost, % 25 biyokömür + % 75 vermikompost, % 50 biyokömür + % 50 vermikompost) uygulanmıştır. İnkübasyon ve saksı denemelerinde toprakların biyolojik özellikleri (mikrobiyal biyomas, karbondioksit değişimi, dehidrogenaz enzim aktivitesi, üreaz enzim aktivitesi ve arilsülfataz enzim aktiviteleri) ve besin elementleri üzerine etkisi sera denemesi ile araştırılmıştır. İnkübasyon denemesinde uygulamalar arilsülfataz enzim aktivitesi ve mikrobiyal biyomas değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki yaratmamıştır fakat diğer özellikler vermikompost ve biyokömürün birlikte kullanıldığı ortamlarda en yüksek değerlere ulaşmışlardır. Aynı şekilde saksı denemesinde üreaz enzim aktivitesi ve mikrobiyal biyomas değerleri üzerine uygulamaların istatistiksel olarak önemli bir etkisi ortaya çıkmamış fakat diğer özellikler üzerinde önemli etkileri saptanmıştır. Tüm bu bulgular ışığında, mısırbitkisinin kök bölgesindeki enzim aktivitesi üzerine etkisi vermikompost ve biyokömürün örtü materyali olarak tek başına kullanılmasının yetersiz olduğu görülmüştür. % 75 BK + % 25 VK, % 25 BK + % 75 VK, % 50 BK + % 50 VK oranlarının uygun koşulları sağladığı, vermikompostun örtü

materyali olarak hayvan gübresi ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği önerilmiştir.

Çengel (2004), toprağın mikrobiyal aktivitesinin ölçülmesinde en iyi ve emin yollarından birinin toprakta meydana gelen CO₂ miktarı ve hızının ölçülmesi olduğu bildirilmiştir. CO₂ değerleri toprak organizmalarının büyük bir kısmını oluşturan heterotrof organizmaların metabolik faaliyetlerinin bir ürünüdür. Mikroorganizma gruplarının sayısal değerleri ve bunlardan hareketle varılan neticelerin haricinde, topraktaki C ve N mineralizasyon değerlerinin saptanması, toprak verimliliğinin ortaya konması açısından büyük önem taşır.

Topraktaki mikroorganizmaların sayısı toprakların fiziko-kimyasal fonksiyonları ile yakından ilişkili olması ile birlikte topraklara ilave edilen organik madde ya da atık uygulamaları gibi kültürel uygulamalar da bunların sayısı üzerine etki edebilmektedir (Vekemans vd. (1989). Topraktaki mikroorganizmaların sayısı aynı tip organizmalar ile karşılaştırıldığında yeterli düzeyde olmasına rağmen toprak mikroflorasının hepsi değerlendirildiğinde sayı pek bir anlam ifade etmemektedir. Bu bağlamda bakteriler ve benzeri mevcut toprak ağırlığındaki rakamları çok fazla olan birtakım organizmaların o topraktaki miktarları (biyomas) çok düşük seviyelerde bulunabilmektedir.

Tarakçıoğlu vd. (2019), fındığın hasat artışı olan zuruf ile fındık kabuğundan üretilen biyokömürü farklı dozlarda (0 – 3 - 6 ton da⁻¹) toprağa karıştırılmış ve inkübasyona (1-2-3-4 ay) bırakıldıktan sonra toprağın fiziksel, kimyasal ve besin elementi içerikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Deneme sera koşulları altında yürütülmüştür. Toprağın hacim ağırlığı; inkübasyon dönemi ve materyallerin uygulama dozu arttıkça azalmıştır. Toprağın doygunluk yüzdesi, havalanma kapasitesi, hidrolik iletkenlik, elektriksel iletkenlik değerleri 3 ve 6 ton da⁻¹ zuruf uygulanan topraklarda 4 aylık inkübasyon döneminde en yüksek çıkarken, toprak pH'sı biyokömür uygulanan topraklarda artmıştır. Kolay alınabilir su yüzdesi ve agregat stabilitesi, 6 ton da⁻¹ zuruf uygulanan topraklarda 3 aylık ve 2 aylık inkübasyon dönemlerinde yükselmiş, sonra azalma eğiliminde bulunmuştur. Toprak organik madde miktarı inkübasyon dönemine bağlı olarak azalmış, enyüksek organik madde içeriği 6 ton da⁻¹ zuruf uygulanan topraklarda elde edilmiştir. Temel besin elementlerinden toplam N içeriği, inkübasyon dönemine bağlı olarak azalırken, bitkiye yararlı P içeriği 3 aylık, K içeriği ise 2 aylık inkübasyon döneminde 6 ton da⁻¹ zuruf uygulanan topraklarda en yüksek çıkmıştır.

Toprak mikro element içerikleri de inkübasyon süresi arttıkça azalmış, ekstrakte edilebilir Cu dışında Fe, Mn ve Zn içerikleri 1 aylık inkübasyon döneminde 6 ton da^{-1} züruf uygulanan topraklarda en yüksek bulunmuştur. Toprak biyolojik özellikleri üzerine β -glukozidaz enzim aktivitesi dışında, CO_2 değeri 1 aylık inkübasyon döneminde, mikrobiyal biomas-C değeri 2 aylık inkübasyon döneminde ve asit fosfataz enzim aktivitesi üzerine 3 aylık inkübasyon döneminde 3 ton da^{-1} biyokömür uygulamaları etkili olmuştur. Sonuç olarak, toprakların biyolojik özelliklerinde biyokömürün, toprakların fiziko-kimyasal özellikleri üzerine ise fındık zürufunun daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Toprak fiziksel özelliklerin ayrışmaya bağlı olarak iyileştiği, buna karşılık besin elementi içeriklerinin ise inkübasyon süresine bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma, Aydın ilinde bulunan özel bir şirkete ait biyogaz tesisinden alınan biyogaz katı atıkları (büyükbaş hayvan ve tavuk gübresi) biyokömür materyali ve Aydın Germencik ilçesinden alınan asit karakterli toprak da toprak materyali olarak kullanılmıştır. Piroлиз yöntemi ile edilen biyokömür, özel olarak hazırlanan 50 ppm amonyum içeren Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisi ile 24 saat yatay çalkalayıcıda 180 rpm de çalkalanma işlemine tabii tutulmuştur. Bu işlem biyokömür, amonyum ve fosfor ile doyana kadar 16 gün boyunca sürdürülmüştür.

3.2. Yöntem

Deneme 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Birinci Aşama

Biyokömür hammaddesi ve elde edilmesi: Çalışmada elde edilen biyokömür materyalinin hammaddesi olarak Aydın ilinde faaliyet gösteren özel bir biyogaz şirketinden alınan biyogaz katı atıkları kullanılmıştır. Biyogaz katı atıkları oksijen almayacak şekilde teneke kutular içerisine konularak yakma ünitesine yerleştirilmiştir. Biyokömür materyali 500-700°C sıcaklıkta 6-8 saat arasında oksijensiz olarak yakma (piroliz) işlemine tabii tutulmuştur.

3.2.2. İkinci Aşama

Biyokömür materyalinin doyurulması: Araştırmanın 2. aşamasında piroliz yöntemi ile elde edilen biyokömürün yüksek adsorbsiyon özelliğinden yararlanılarak N ve P ile doyurulması hedeflemiştir. Bu amaçla biyokömür doyurma şişelerinin içerisine koyularak 50 ppm NH_4 içeren Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisi ile 24 saat 180 rpm hızda yatay çalkalayıcı ile çalkalanmıştır. Bu şekilde biyokömürün N ve P ile doyurulması hedeflenmiştir. İşlem 16 gün boyunca sürmüş ve her 24 saatin sonunda doyurma şişesi içerisindeki $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ süzölmüştür. Elde edilen süzükte 16 gün süresince her gün NH_4 ve PO_4 analizleri yapılarak grafiğe dönüştürülmüş ve böylece adsorbsiyon seviyesi belirlenmiştir.

3.2.3. Üçüncü Aşama

Laboratuvarda inkübasyon denemesinin kurulması: Bu aşamada içerisinde 2 kg'lık asit karakterli toprak olan 24 adet polietilen kap kullanılmıştır. Biyokömür materyali ahır gübresi (2.5 ton/da) uygulanmış ve uygulanmamış olarak 1-3-5 ton/da olacak şekilde hesaplanıp kaplardaki topraklara uygulanmıştır. Deneme konuları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Deneme 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Çizelge 3.1 İnkübasyon Denemesi Planı

1- Kontrol
2- 2.5 ton/da Ahır Gübresi
3- 1 ton/da Biyokömür
4- 3ton/da Biyokömür
5- 5 ton/da Biyokömür
6- 1 ton/da Biyokömür + 2.5 ton/da Ahır Gübresi
7- 3 ton/da Biyokömür + 2.5 ton/da Ahır Gübresi
8- 5 ton/da Biyokömür + 2.5 ton/da Ahır Gübresi

3.3. Toprakta Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Araştırmada kullanılan toprak örneğinde deneme başlangıcında aşağıdaki analizler yapılarak toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Bünye: Hidrometre metodu ile belirlenen % kum, % kil ve % mil miktarı bünye analiz üçgenine uygulanarak tespit edilmiştir (Bouyoucos, 1962).

Suda Çözünabilir % Total Tuz: Saf su ile satire edilmiş toprak macununda Conductivity Bridge Cihazı ile elektriki direnç ölçülereksaptanmıştır (U.S. Soil Survey Staff, 1951).

Toprak Reaksiyonu (pH):Toprak 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılarak süspansiyon elde edilmiştir. Elde edilen karışım yatay çalkalayıcıda 5 dakika çalkalandıktan sonra pH metre ile okuması sonucu elde edilmiştir (Kacar,1996).

Organik madde: Walkey ve Black yöntemi kullanılarak titrasyonda harcanan amonyum ferrosülfat miktarı ile gerekli formüller kullanılarak organik maddemiktarı bulunmuştur (Walkey ve Black, 1934).

Alınabilir Fosfor: Toprağın 1:20 oranına göre 0.5 M sodyum bikarbonat eriyiği reaksiyonu sonucu bitki tarafından alınabilir fosforun ekstrakte geçirilmesi ve bundan belli miktarlarda alınarak üzerine amonyum molibdat eriyiği ve askorbik asitle mavi renk intensitesinin spektrofotometrede ölçülmesi ile belirlenmiştir (Olsen vd. 1954).

Alınabilir Potasyum: Toprağın 1N amonyum asetat (pH=7) ile çalkalandıktan sonra ekstrakte çözeltisine geçen potasyum miktarı flame fotometrede okunarak saptanmıştır (Richards, 1954).

Toplam azot: Kjeldahl yöntemi ile yakma yapılarak analiz edilmiştir (Kacar, 1995).

Kasyon Değişim Kapasitesi (KDK): 1N amonyum asetat ile doyurulan toprak örnekleri % 95'lik etil alkolle yıkanıp, toprak tarafından tutulan Na, 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilerek saptanmıştır (Jackson, 1958).

Sıcak Suda Eriyebilir Bor: 1:2 toprak su oranına göre kaynatılarak elde edilen ekstraksiyonda Dianthrimid yöntemi ile kolorimetrik olarak tayin edilmiştir (Riehm, 1957).

3.4. Toprakta Yapılan Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analizler

İnkübasyon denemesinin 15, 30, 60 ve 90. günlerinde alınan toprak örneklerinde aşağıdaki mikrobiyolojik ve biyokimyasal analizler yapılmıştır.

CO₂ Oluşumu: 0,1N KOH çözeltisi kullanılarak ve 27°C'de 7 günlük bir inkübasyon süresi sonunda saptanmıştır (Isermeyer, 1952).

Mikrobiyal Biyomas-C'u: Su tutma kapasitesinin % 55-60'ı kadar nemlendirilmiş toprak örneklerinde aerob organizmaların glikozu ayrıştırması esasına dayalı 25°C'de 4 saatlik inkübasyondan sonra ortaya çıkan CO₂ ölçülerek belirlenmiştir (Anderson ve Domsch, 1978).

N-Mineralizasyonu : Su ile doymun hale getirilen örnekler 40°C'de 7 gün inkübasyonda bırakıldıktan sonra açığa çıkan $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u, modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile saptanmıştır (Keeney, 1982).

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi: TTC (trifeniltetrasolium klorür) çözeltisi ilave edilen toprak örneklerinin 16 h 25°C'de inkübasyonundan sonra oluşan TPF (trifenilformazan)'nin 546 nm'de fotometrik ölçümü ile belirlenmiştir (Thalman, 1968).

Üreaz Enzim Aktivitesi: Substrat olarak ürenin kullanıldığı örnekler 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).

Alkalin Fosfotaz Enzim Aktivitesi: Tamponlanmış p-nitrofenil fosfat çözeltisi ilaveli örneklerin 1 h 37°C'de inkübasyonundan sonra ortaya çıkan fosfomonoesterazların NaOH ile renklendirilmesi sonucu 400 nm'de fotometrik olarak ölçülmesi ile saptanmıştır (Tabatabai ve Bremmer, 1969; Eivazi ve Tabatabai, 1977).

3.5. Biyokömürde Yapılan Analizler

Denemede kullanılan biyokömür materyali Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisi ile doyurulma işlemi neticesinde elde edilen doymuş Biyokömürde aşağıdaki analizler yapılmıştır.

pH: Biyokömür 1:10 oranında saf su ile sulandırılarak süspansiyon elde edilmiştir. Elde edilen karışım yatay çalkalayıcıda 30 dakika çalkalandıktan sonra pH metredeokuma yapılmıştır (Kacar,1996).

Suda Çözünabilir % Total Tuz: Biyokömür 1:10 oranında saf su ile sulandırılarak süspansiyon elde edilmiş, Conductivity Bridge Cihazı ile elektirik direnç ölçülerek saptanmıştır. (U.S. Soil Survey Staff, 1951).

Toplam azot: Kjeldahl yöntemi ile yakma yapılarak analiz edilmiştir (Kacar, 1995).

Toplam Fosfor: $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ asit karışımı ile yaş yakılmış biyokömür örneklerinde, toplam P, vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar ve Kovancı, 1982).

3.6. Ekstraksiyon Çözeltisinde Yapılan Analizler

Denemede biyokömür materyalini N ve P ile doyurmak amacıyla kullanılan Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisinde ve biyokömürü 24 saat çalkalayarak doyurma işlemi neticesinde süzülmesiyle elde edilen ekstraksiyon çözeltisinde N ve P ile doyurma oranını belirlemek amacıyla aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

Amonyum Azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$): Standart metot – 4500 B,C Distilasyon + titrimetrik metot ile belirlenmiştir (APHA-AWWA-WPCF, 1995).

Toplam Fosfor: Standart metot-4500 P, C vanadomolybdophosphoric asit kolorimetrik yöntemiyle belirlenmiştir (APHA-AWWA-WPCF, 1995).

3.7. İstatistiksel Analizler

Toprak analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi “SPSS 12.0” istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Denemede Kullanılan Toprak ve Organik Materyallerin Kimyasal Özellikleri

Araştırmada kullanılan deneme toprağı ve organik materyallerin ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

<i>Parametre</i>	<i>Birim</i>	<i>Toprak</i>
<i>pH</i>	-	5.81
<i>EC</i>	<i>dS m⁻¹</i>	0.180
<i>CaCO₃</i>	%	1.74
<i>Bünye</i>	-	Kumlu Tın
<i>Organik Madde</i>	%	2.70
<i>KDK</i>	<i>meq100g⁻¹</i>	10.65
<i>Toplam N</i>	%	0.076
<i>Suda er. B</i>	<i>mg kg⁻¹</i>	0.29
<i>Alınabilir P</i>	<i>mg kg⁻¹</i>	15.70
<i>Alınabilir K</i>	<i>mg kg⁻¹</i>	154.67

Araştırma toprağı orta asit karakterli olup, kumlu tın bünyede, kireç içeriğı düşük düzeyde olan bir topraktır. Organik madde içeriğı açısından orta seviyede olup tuzluluk problemi yoktur. Toplam azot içeriğı düşük, alınabilir potasyum düşük ve alınabilir fosfor yeterli düzeydedir. Deneme toprağında bor açısından bir problem bulunmamaktadır (Çizelge 4.1).

Denemede kullanılan organik materyallerde saptanan pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, azot (N), fosfor (P), potasyum (K), ve bor (B) değerleri ise Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Organik materyallerinin bazı kimyasal özellikleri

<i>Parametre</i>	<i>Birim</i>	<i>Ahır Gübresi</i>	<i>Biyokömür</i>
<i>pH</i>	-	8.22	12.42
<i>EC</i>	<i>dS m⁻¹</i>	2.61	5.49
<i>Organik Madde</i>	(%)	44.6	67.02
<i>C:N</i>	-	35.93	39.42
<i>N</i>	(%)	0.72	0.986
<i>P</i>	(%)	0.48	6.05
<i>K</i>	(%)	1.32	9.210
<i>B</i>	<i>(mg kg⁻¹)</i>	10.08	-

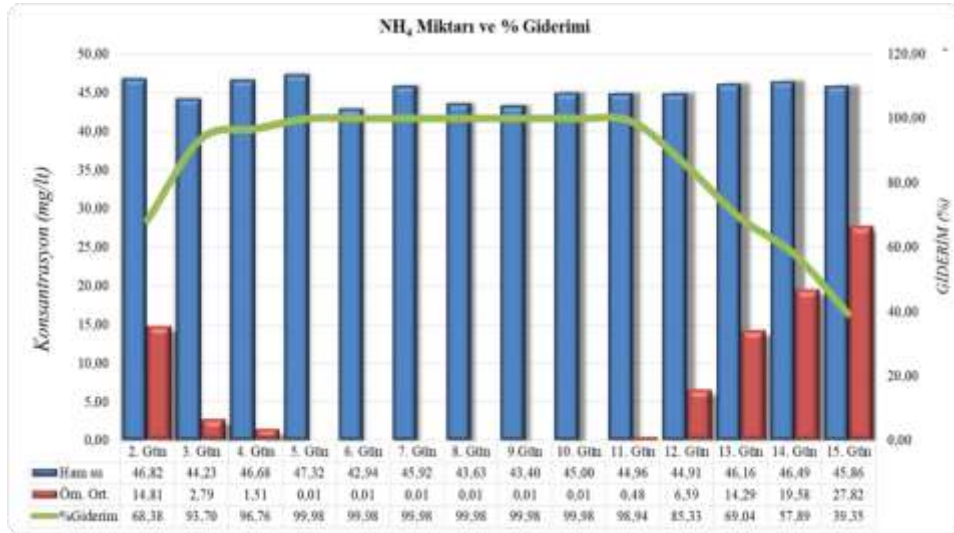
Denemede kullanılan Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisi ile doyurulmuş biyokömürün pH'sı 12.42, elektriksel iletkenlik değeri 5.49 dS m^{-1} tir. Organik madde kapsamı %67.02, Toplam N içeriği %0.986 olup C/N oranı 39.42 olarak belirlenmiştir. Ahır gübresinin pH'sı 8,22, elektriksel iletkenlik değeri 2.61 dS m^{-1} tir. Organik madde kapsamı %44.6, Toplam N içeriği %0.72 olup C/N oranı 35.93 olarak belirlenmiştir. Biyokömür P ve K içeriği açısından ahır gübresine göre sırasıyla 12.6 ve 6.9 kat daha zengin olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2).

Biyogaz atıklarından elde edilen biyokömürün çok kuvvetli alkali (pH 12.42) reaksiyona sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada Rondon vd. (2007), *Eucalyptus deglupta* (okaliptüs)'dan elde edilen biyokömürün pH değerini 7.0 olarak belirlemişlerdir. Chan vd. (2007), yeşil atıklardan ürettikleri biyokömürün pH değerinin 6,2 olduğunu belirtmişlerdir. Biyokömürlerin üretim şartlarına ve ana materyalin cinsine bağlı olarak 4 ve 12 değerleri arasında herhangi bir pH değerine sahip olabileceği bildirilmektedir.

4.2. Biyokömürün Doyurulması İşleminde Kullanılan $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ Çözeltideki Analiz Sonuçları

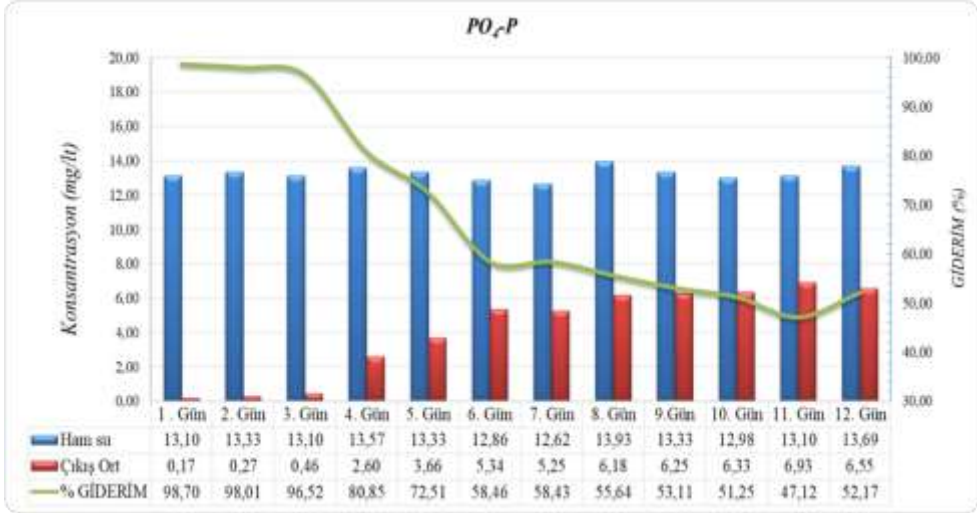
Laboratuvar koşullarında özel olarak hazırlanan 50 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u ve 10 ppm $\text{PO}_4\text{-P}$ 'u içeren Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisi ile 15 gün boyunca her gün biyogaz katı atığından elde edilen biyokömür materyali 24 saat süresince

çalkalanarak doyurulma işlemi yapılmıştır. 24 saatlik çalkalama sonunda ekstraksiyon çözeltisi süzölmüştür. Elde edilen süzökte ve ekstraksiyon işleminde kullanılan Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisinde her gün yapılan NH_4 ve PO_4 analizleri neticesinde elde edilen konsantrasyonlar ve % giderim (adsorbsiyon) değerleri belirlenmiştir. Buna göre biyokömürün adsorbsiyon kapasitesi ve doygunluğu belirlenmiştir Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Ekstraksiyon Çözeltisinin NH_4 konsantrasyonu (mg/l) ve Biyokömürün Ortalama NH_4 Giderim verimi (%)

Amonyum gideriminin bakılmasının sebebi; Laboratuvar da hazırlanmış 50 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u içeren Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisi içerisindeki NH_4 'un ne kadarının biyokömür materyalinde adsorbe edildiğinin belirlenmesidir. Bu süreç biyokömür materyali amonyuma doyanaya kadar (15 gün) devam etmiştir. 15 günlük Amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) giderimi incelenecek olursa, 3. günden itibaren Amonyum dihidrojen fosfat içeriğindeki NH_4 giderim (adsorbsiyon) oranı %93.70 seviyesine ulaşmış 11. güne kadar bu seviye %99.98 oranına yükselerek devam etmiştir. Bu durumda biyokömür içerisindeki NH_4 adsorbsiyonu 3. ve 11. günler arasında neredeyse tamamı biyokömür tarafından adsorbe edilmiştir. 12. gün itibarı ile giderim %85.33'e düşerek biyokömür materyali doyum noktasına ulaşmış ve bu noktadan sonra NH_4 yıkanmaya başlamıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.2 Ekstraksiyon Çözeltisinin PO₄konsantrasyonu (mg/l) ve Biyokömürün Ortalama PO₄ Giderim verimi (%)

Fosfor gideriminin bakılmasının sebebi; laboratuvarında hazırlanmış 10 ppm PO₄-P'u içeren Amonyum dihidrojen fosfat (NH₄H₂PO₄)çözeltisi içerisinde ki PO₄'ün ne kadarının biyokömür materyalinde adsorbe edildiğinin belirlenmesidir. Bu süreç 15 gün boyunca devam etmiştir. 15 günlük Amonyum dihidrojen fosfat (NH₄H₂PO₄) giderimine bakacak olursak, 1. günden başlayarak % giderim oranı % 92.56 seviyesinden, 5. güne kadar % 98.31 seviyesine ulaşmış 5. gün Amonyum dihidrojen fosfat (NH₄H₂PO₄) doyurması ile beraber bu % giderim oranı % 93.34 seviyesine düşmeye başlamıştır. İlerleyen günlerde adsorbsiyon oranı giderek azalmıştır. Bunun sonucunda 1. günle beraber biyokömür materyali PO₄ giderimi 4. güne kadar en yüksek seviyede giderim yapmış 5. günden sonra biyokömür materyalinde yıkanma başlamış 15. günde biyokömürün PO₄adsorbdiyonu (PO₄ giderim verimi) % 55.81' edüştüştür (Şekil 4.2). Bu noktadan sonra Biyokömür materyalinin doyurma işlemine son verilmiştir ve araştırmada bu biyokömür materyali toprak düzenleyici olarak kullanılmıştır.

4.3. Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Analiz Sonuçları ve Değerlendirmesi

Doksan günlük inkübasyon denemesi sonucunda topraklara NH₄H₂PO₄ çözeltisi ile doyurulmuş biyokömür tek başına ve ahır gübresi ile karıştırılmış olarak uygulanmıştır. İnkübasyon denemesinin 15, 30, 60 ve 90. günlerinde alınan toprak

örneklerinde toprak solunumu (CO₂ Oluşumu), mikrobiyal biyomas, N-mineralizasyonu, dehidrogenaz, üreaz ve alkalın fosfotaz enzim aktiviteleri, toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik analizleri yapılmıştır. Denemenin 90. Gününde alınan toprak örneklerinde yukarıda belirtilen analizlere ek olarak KDK, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum ve ekstrakte edilebilir boriçerikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerin varyans analizine tabii tutulmasıyla ana uygulamaların ve interaksiyonların mikrobiyal parametreler üzerindeki etkisi ortaya çıkarılmış ve sonuçlar her parametre için ayrı ayrı verilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprağın bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi

<i>Parametre</i>	<i>Uygulama</i>	<i>Dönem</i>	<i>Uygulama x Dönem</i>
<i>Toprak Solunumu</i>	**	**	*
<i>Mikrobiyal Biyomas</i>	*	*	öd
<i>N- Mineralizasyonu</i>	**	**	öd
<i>DHG Enzim Akt.</i>	**	**	öd
<i>Fosfotaz Enzim Akt.</i>	**	**	öd
<i>Üreaz Enzim Akt.</i>	**	**	**
<i>pH</i>	**	**	öd
<i>Elektriki İletkenlik</i>	**	**	öd

* : p<0.05 ** : p<0.01 öd: önemli değil

4.3.1. Biyokömür Uygulamasının Toprak Solunumu (CO₂ Oluşumu) Üzerine Etkisi

Asit karakterli (pH 5.81) bir toprağı ıslah amacı ile biyogaz atıklarından elde edilen biyokömür ve ahır gübresinin farklı dozlarda karıştırılıp toprağa uygulanmıştır. Topraklarda meydana gelen kimyasal ve biyokimyasal değişimlerin izlenmesi amaçlanan inkübasyon denemesinde kullanılan organik materyallerin ve kullanım miktarlarının topraklardaki C-mineralizasyonunu belirlemek için her bir dönemin (15. gün, 30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda CO₂ oluşum miktarları saptanmıştır. Farklı oranlarda biyokömür içeren organik materyalin içerisindeki

organik karbonun heterotrof mikroorganizmalar tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu meydana gelen CO₂ miktarı esas alınarak C-mineralizasyonu hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.4 İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. Günlerinde saptanan CO₂ oluşumu miktarları (mg CO₂/g KT/7 gün)

UYGULAMA		15. GÜN	30.GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		21,71 <i>d</i>	16,49 <i>b</i>	11,23 <i>c</i>	16,98 <i>c</i>
B.K.	1 Ton/da B.K.	25,44 <i>cd</i>	22,02 <i>ab</i>	16,89 <i>b</i>	23,78 <i>bc</i>
	3 Ton/da B.K.	32,67 <i>abc</i>	26,01 <i>ab</i>	18,42 <i>b</i>	33,10 <i>ab</i>
	5 Ton/da B.K.	34,98 <i>ab</i>	29,05 <i>a</i>	19,50 <i>b</i>	22,36 <i>c</i>
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	38,39 <i>ab</i>	31,44 <i>a</i>	17,40 <i>b</i>	19,79 <i>c</i>
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	36,68 <i>ab</i>	27,41 <i>a</i>	23,25 <i>a</i>	23,19 <i>c</i>
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	39,35 <i>a</i>	32,62 <i>a</i>	19,29 <i>b</i>	26,39 <i>abc</i>
AHIR GÜBRESİ		30,68 <i>bc</i>	24,91 <i>ab</i>	19,34 <i>b</i>	33,44 <i>a</i>
P<...:		**	**	**	**

Varyans Analiz Tablosu

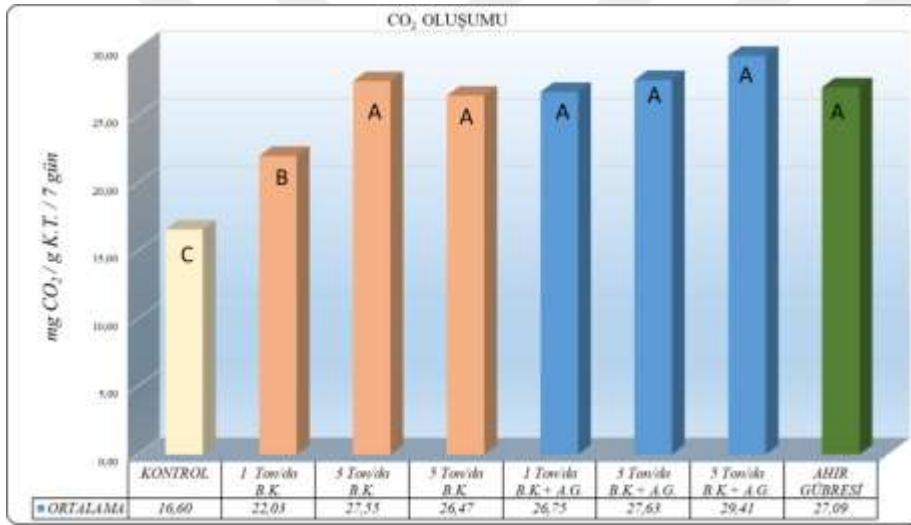
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	2485,5320	35,0765	<0,0001**
Uygulama	7	1444,0015	8,7335	<0,0001**
Dönem*Uygulama	21	923,9322	1,8627	0,0300*
Hata	64	1511,6865		
Toplam	95	6365,1521		

- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : p<0.05, **: p<0.01, öd: önemli değil).

Yapılan istatistiksel analiz neticesinde, uygulama ve dönemlere göre oluşan farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Ayrıca uygulama x dönem interaksyonu arasındaki farklılığın istatistiksel olarak da p<0.05 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3 ve 4.4).

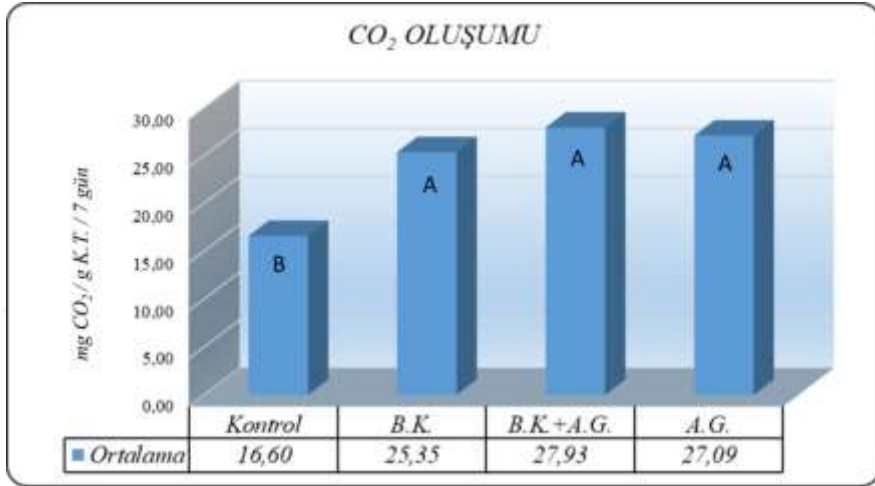
İnkübasyon denemesinin 15. gününde yapılan CO₂ oluşumu analizi sonucunda uygulamalar arasında istatistiki olarak p<0,01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki gurubu 1 ton/da B.K. (22,03 mg CO₂/g KT/7 gün) uygulaması dışında tüm uygulama dozları oluşturmuştur. Kontrol (21.71 mg CO₂/g KT/7 gün) uygulaması son istatistiki sınıfı oluşturmuştur. Denemenin 30. gününde uygulamalar arasında fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Uygulamalar arasında 60. ve 90. gün toprak solunumu miktarları istatistiki olarak $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre; 60. gün analizlerinde, ilk istatistiki grubu 3 ton/da B.K.+A.G. (23.25 mg CO₂/g KT/7 gün) oluştururken, Kontrol (11.23 mg CO₂/g KT/7 gün) son istatistiki grubu oluşturmuştur. 90. gün örneklemelerinde sadece Ahır gübresinin uygulandığı topraklarda CO₂ oluşumu en yüksek (34.44 mg CO₂/g KT/7 gün) olarak belirlenmiş ve ilk istatistiki grubu oluşturmuş, en düşük CO₂ oluşumu değeri ile Kontrol (16.98 mg CO₂/g KT/7 gün) son istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 4.4).



Şekil 4.3 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama CO₂ oluşumu(mg CO₂/g KT/7 gün)

Doksan günlük inkübasyon neticesinde uygulamaların kendi aralarındaki ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve Ahır Gübresi uygulamasının CO₂ oluşumu üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. İlk istatistiki grup sırasıyla 5 Ton/da B.K.+ A.G, 3 Ton/da B.K.+ A.G., 3 Ton/da B.K., Ahır gübresi, 1 Ton/da B.K.+ A.G, 5 Ton/da B.K. (29.41, 27.63, 27.55, 27.09, 26.75, 26.47 mg CO₂/g KT/7 gün) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, 1 Ton/da B.K. (22.03mg CO₂/g KT/7 gün), üçüncü ve son grubu ise kontrol (16.60mg CO₂/g KT/7 gün) oluşturmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.4 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama CO₂ oluşumu (mg CO₂/g KT/7 gün)

Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının CO₂ oluşumu üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak P<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelediğinde ilk istatistiki grup sırasıyla B.K+A.G, A.G., B.K. (27.93, 27.09, 25.35 mg CO₂/g KT/7 gün) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, kontrol (16.60 mg CO₂/g KT/7 gün) oluşturmuştur (Şekil 4.4). Biyokömürün özellikle heterotrof mikroorganizmalar tarafından değerlendirilebilir bir C olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle de tek başına biyokömür uygulamasının toprakların CO₂ oluşumu üzerine etkisinin olmayacağı beklenmektedir. Ancak biyokömürün Amonyum dihidrojen fosfat çözültisi ile doyurulmuş olması ile CO₂ oluşumunda tek başına biyokömür uygulamasında da kontrole göre artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmaya paralel olarak, biyokömür uygulaması ile toprak biyolojik aktivitesinin ve bununla birlikte CO₂ üretiminin, dolayısıyla biyokömür mineralizasyonunun arttığını rapor etmişlerdir. Biyokömürün atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltmak amacıyla kullanılması düşünüldüğünde, biyokömürün uygulamasının CO₂ üretimini artırması olumsuz bir sonuç gibi görülse de, toprağa kazandırılan karbon ile topraktan CO₂ oluşumu yoluyla azalan karbon karşılaştırıldığında, biyokömür uygulamasını atmosfer CO₂ konsantrasyonunu azaltmada etkili olduğu da bildirilmektedir(Gaunt vd.,2009).

Belirli koşullarda besin elementi alımında olumlu etkileri tartışmasız olan mikorizanın biyokömür ile birlikte kullanıldığı bir çalışmada, düşük dozda azot uygulamasının yüksek dozda azot uygulamasına oranla mikoriza kolonizasyonunu azalttığını bildirilmiştir. Bu bilgi ışığında biyokömürün bazı etkilerinin tek başına olmayabileceği, kimi zaman da bu etkinin başka diğer uygulamalarla interaksiyon sonucu ortaya çıkabileceği bilgisine varılmaktadır (Glaser vd., 2002). Nitekim biyokömür buğday anızı ile birlikte uygulandığı araştırmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tek başına biyokömür uygulamasının toprağın CO₂ üretimini kontrole oranla istatistiksel olarak artırmadığı, buğday anızının tek başına ve biyokömür ile birlikte uygulandığında ise CO₂ üretimini kontrole göre belirgin olarak arttığı, en yüksek değer ise buğday anızı ile biyokömür ile beraber uygulandığı uygulamalardan elde edildiği görülmüştür (Lehman vd., 2002).

4.3.2. Biyokömür Uygulamasının Mikrobiyal Biyomas Üzerine Etkisi

Toprağın mikrobiyolojik yapısını karakterize etmede son yıllarda sıkça kullanılan bir yöntem olan mikrobiyal biyomas kavramı topraktaki canlı mikroorganizma ağırlığı anlamına gelmekte olup C, N, S ve P gibi besin maddelerinin yarayışlı bir deposu ve toprak organik maddesindeki dönüşümlerin göstergesidir (Jenkinson and Ladd, 1981). Mikrobiyal biyomas, toplam toprak N ve C'unun çok küçük bir miktarını temsil etmesine rağmen azot ve diğer bitki besin maddelerinin mineralizasyonu ile sonuçlanan hızlı döngüsü nedeni ile bitkilerin beslenmesinde önemli katkıları olmaktadır. İnkübasyon denemesinde kullanılan biyokömürün ve kullanım miktarlarının topraklardaki Mikrobiyal Biyomas-C'ü üzerine etkisini belirlemek için her bir dönemin (15. gün, 30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda örnek alınarak mikrobiyal biyomas miktarları saptanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; uygulama ve dönemlere göre oluşan farklılığın istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak uygulama x dönem interaksiyonu arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

İnkübasyon denemesinin 15., 30. 60. ve 90. gününde yapılan mikrobiyal biyomas oluşumu analizi sonucunda uygulamalar arasında $p < 0.05$ seviyesinde önemli fark olduğu belirlenmiştir. Ancak Kontrol hariç tüm uygulamalar istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Bununla birlikte en yüksek mikrobiyal biyomas değeri 5 ton/da B.K.+A.G. (31.91 mg Biomas C/100g KT) oluştururken, Kontrol en düşük

mikrobiyal biyomas değerine sahip olup (21.86 mg Biomas C/100g KT) son istatistiki grubu oluşturmuştur (Çizelge 4.5).

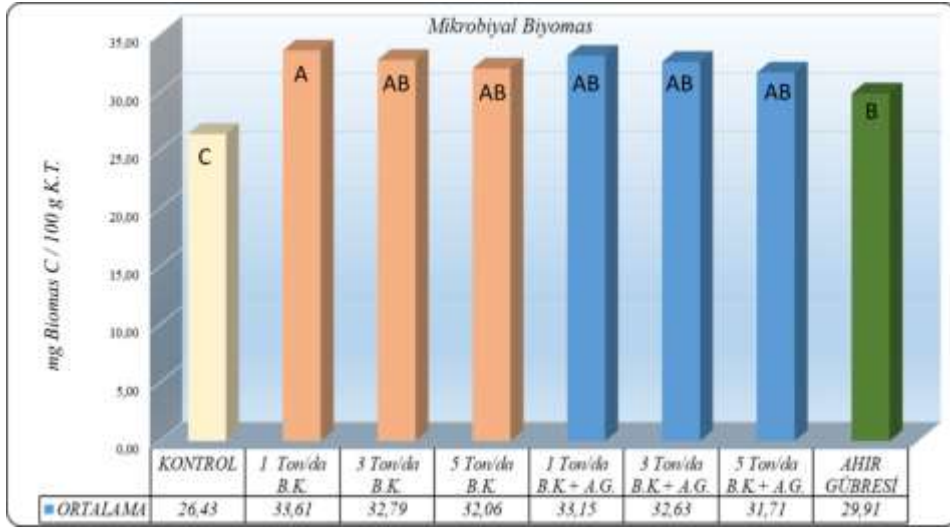
Çizelge 4.5 İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. Günlerinde Saptanan Mikrobiyal Biyomas (mg Biomas C/100g KT)

UYGULAMA		15. GÜN	30.GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		26,63 <i>b</i>	28,88 <i>b</i>	21,86 <i>b</i>	28,33 <i>b</i>
B.K.	1 Ton/da B.K.	35,93 <i>a</i>	33,72 <i>ab</i>	29,38 <i>a</i>	35,39 <i>a</i>
	3 Ton/da B.K.	35,58 <i>a</i>	33,23 <i>ab</i>	29,59 <i>a</i>	32,78 <i>ab</i>
	5 Ton/da B.K.	30,68 <i>ab</i>	36,02 <i>ab</i>	32,36 <i>a</i>	29,20 <i>b</i>
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	34,18 <i>ab</i>	33,53 <i>ab</i>	29,34 <i>a</i>	35,56 <i>a</i>
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	28,85 <i>ab</i>	37,61 <i>a</i>	31,32 <i>a</i>	32,72 <i>ab</i>
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	30,62 <i>ab</i>	35,59 <i>ab</i>	31,91 <i>a</i>	28,74 <i>b</i>
AHIR GÜBRESİ		28,86 <i>ab</i>	33,80 <i>ab</i>	28,00 <i>a</i>	28,97 <i>b</i>
P<...:		*	*	*	*

Varyans Analiz Tablosu

Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	280,77756	5,3797	<0,0023*
Uygulama	7	464,97322	3,8181	<0,0016*
Dönem*Uygulama	21	347,46229	0,9511	0,5316
Hata	64	1113,4323		
Toplam	95	2206,6453		

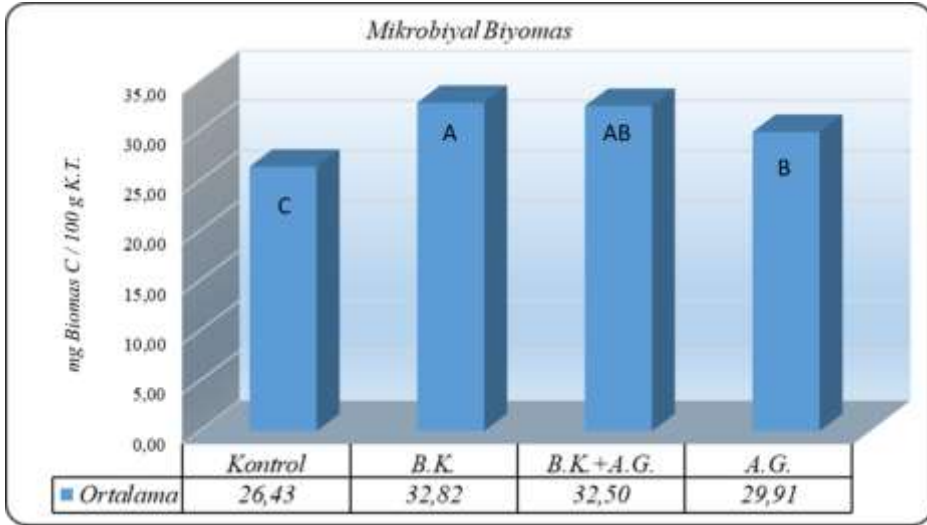
- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : p<0.05, **: p<0.01, öd: önemli değil).



Şekil 4.5 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Mikrobiyal Biyomas (mg Biomass C/100g KT)

Doksan günlük inkübasyon sonucunda, uygulamaların kendi aralarında ki ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve Ahır Gübresi uygulamasının mikrobiyal biyomas üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu, 1 Ton/da B.K. (33.61 mg Biomass C/100g KT) oluştururken, İkinci istatistiki grubu sırasıyla, 1 Ton/da B.K.+ A.G., 3 Ton/da B.K., 3 Ton/da B.K.+ A.G., 5 Ton/da B.K., 5 Ton/da B.K.+ A.G. (33.15, 32.79, 32.63, 32.06, 31.71, mg Biomass C/100g KT), üçüncü grubu, A.G. (29.91 mg Biomass C/100g KT) oluşturmuştur. Son istatistiki grubu ise, Kontrol (26.43 mg Biomass C/100g KT) oluşturmaktadır (Şekil 4.5).

Biyokömür ve Ahır Gübresi uygulamasının Mikrobiyal biyomas üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelendiğinde ilk istatistiki grubu B.K. uygulaması (32.82 mg Biomass C/100g KT) oluşturmuştur ikinci ve üçüncü istatistiki grupları sırasıyla B.K+A.G ve A.G., (32.50 ve 29.91 mg Biomass C/100g KT) olarak belirlenmiştir. Kontrol (26.43 mg Biomass C/100g KT) uygulaması en son istatistiki grubu oluşturmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Mikrobiyal Biyomas miktarı(mg Biomas C/100g KT)

Dilly, 2001’de yapmış olduğu çalışmada organik sistem altındaki topraklarda konvansiyonele oranla daha yüksek mikrobiyal biyomas ve solunum saptamış bu durumun organik maddenin kalite ve bileşimindeki farklılıktan kaynaklandığını ileri sürmüştür. Kolay ayrışabilir organik materyallerin toprağa ilavesi mikrobiyal biyomas ve aktiviteyi artırmaktadır (Smith ve Paul, 1990)

4.3.3. Biyokömür Uygulamasının Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Üzerine etkisi

Dehidrogenaz enzim aktivitesi topraklardaki toplam mikrobiyal aktivitenin güvenilir bir göstergesidir (Serra-Wittling et al., 1995). Dehidrogenaz enzimi bir solunum enzimidir. Bu enzim aktivitesinin ölçülmesi ile muhtelif dehidrogenaz enzimlerinin topraktaki miktar ve çoğunluğunun toplamı hakkında bilgi edinilmektedir. Gerek aerob, gerekse anaerob yaşamlı solunum kademelerinde organik bileşiklerden hidrojen açığa çıkarabilen ve onu bir hidrojen tutucu maddeye taşıyabilen organizmaların bir göstergesidir (Çengel, 2004).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda; uygulama ve dönemler arasında oluşan farklılığın istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak uygulama x dönem interaksyonu arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.6 İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. günlerinde Saptanan Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (mg TPF/g KT)

UYGULAMA		15. GÜN	30. GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		223,55 <i>ab</i>	185,67 <i>ab</i>	119,80 <i>ab</i>	102,30 <i>b</i>
B.K.	1 Ton/da B.K.	177,01 <i>c</i>	133,80 <i>c</i>	86,06 <i>b</i>	68,81 <i>c</i>
	3 Ton/da B.K.	122,78 <i>d</i>	84,15 <i>d</i>	27,26 <i>c</i>	26,06 <i>d</i>
	5 Ton/da B.K.	64,29 <i>e</i>	40,18 <i>e</i>	17,60 <i>c</i>	12,62 <i>d</i>
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	183,86 <i>bc</i>	154,89 <i>bc</i>	88,57 <i>b</i>	67,29 <i>c</i>
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	130,05 <i>d</i>	90,12 <i>d</i>	37,04 <i>c</i>	28,66 <i>d</i>
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	69,32 <i>e</i>	51,42 <i>de</i>	24,82 <i>c</i>	15,62 <i>d</i>
AHIR GÜBRESİ		240,44 <i>a</i>	216,79 <i>a</i>	131,67 <i>a</i>	122,53 <i>a</i>
P<...:		*	*	*	*

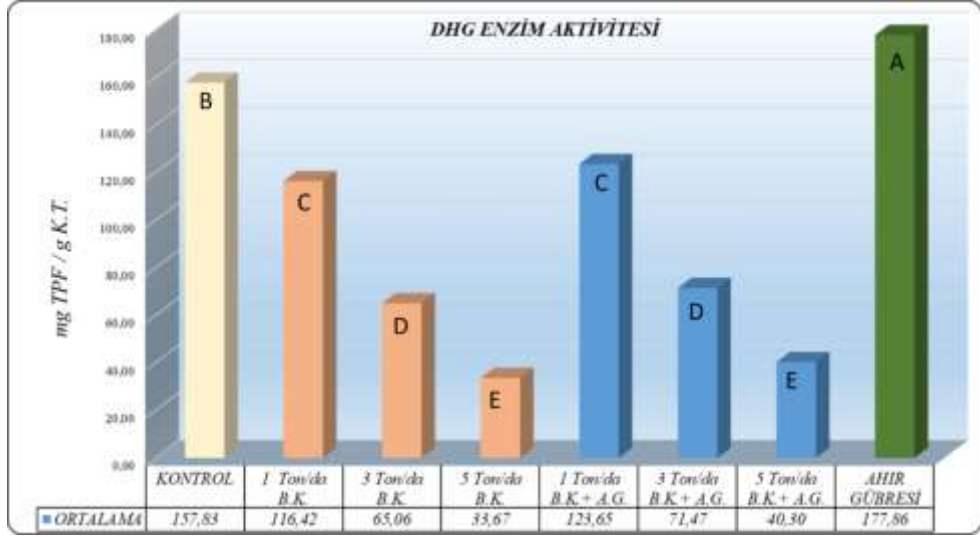
Varyans Analiz Tablosu

Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	280,77756	5,3797	<0,0023*
Uygulama	7	464,97322	3,8181	<0,0016*
Dönem*Uygulama	21	347,46229	0,9511	0,5316
Hata	64	1113,4323		
Toplam	95	2206,6453		

- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : p<0.05, **: p<0.01, öd: önemli değil).

Dehidrogenaz enzimi toprağın canlı mikrobiyal popülasyonunun gerçekleştirdiği bir enzim olduğu için, mikrobiyal yaşamı etkileyen birçok toprak ve iklim faktörleri ile toprağa yapılan uygulamalar bu enzim aktivitesini de etkilemektedir. İnkübasyon denemesinde kullanılan biyokömürün ve kullanım miktarlarının topraklardaki dehidrogenaz (DHG) enzim aktivitesi üzerine etkisini belirlemek için her bir dönemin (15. gün, 60. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda örnek alınarak araştırma topraklarındaki dehidrogenaz (DHG) enzim aktivitesi miktarları saptanmıştır. Yapılan DHG enzim aktivitesi analizi sonucunda uygulamalar arasındaki farklar istatistiki olarak p<0,01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre tüm dönemlerde en yüksek DHG aktivitesi Ahır Gübresi (A.G.) uygulamasında belirlenmiştir. İnkübasyonun 15. gününde A.G. (240.44 mg TPF/g KT) uygulaması oluştururken, en son grubu oluşturan en düşük uygulama 5 Ton/da B.K. (64.29 mg TPF/g KT) uygulaması son istatistiki sınıfı oluşturmuştur. İnkübasyonun 30. gününde en yüksek değeri A.G. (216,79 mg TPF/g KT) en düşük değeri yine 5 Ton/da B.K. (40,18 mg TPF/g KT) uygulaması oluşturmuştur.

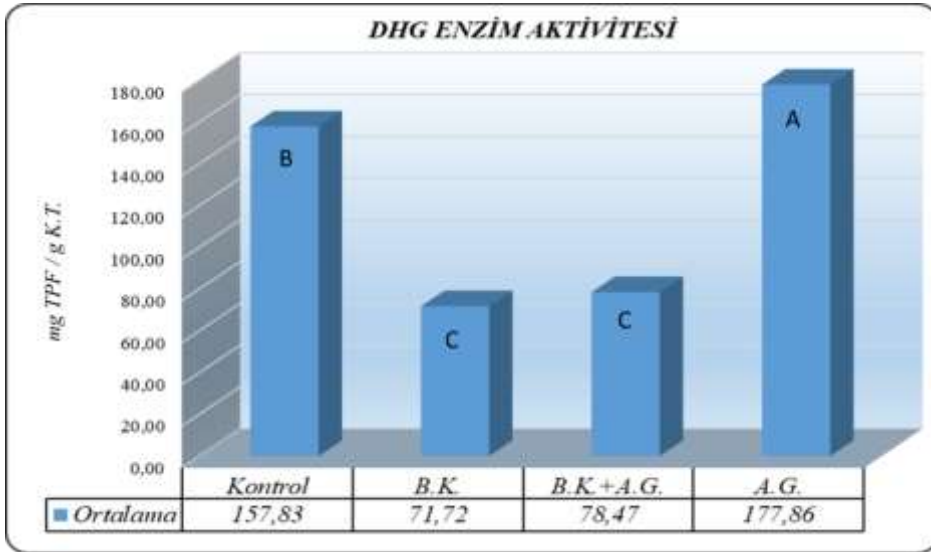
60. gününde en yüksek değeri A.G. (131,67 mg TPF/g KT) en düşük değeri yine 5 Ton/da B.K. (17,60 mg TPF/g KT) uygulaması oluşturmuştur. 90. Güne gelindiğinde ise en yüksek değeri A.G. (122,53 mg TPF/g KT) en düşük değeri yine 5 Ton/da B.K. (12,62 mg TPF/g KT) uygulaması oluşturmuştur.



Şekil 4.7 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (mg TPF/g KT)

Doksan günlük inkübasyon sonucunda, uygulamaların kendi aralarında ki ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve Ahır gübresi uygulamasının DHG oluşumu üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu, A.G. (177.86 mg TPF/g KT) oluştururken, İkinci istatistiki grubu, Kontrol (157.83 mg TPF/g KT), üçüncü grubu sırasıyla, 1Ton/da B.K. +A.G., 1 Ton/da B.K. (123.65, 116.42 mg TPF/g KT) oluştururken bir sonraki grubu ise, 3 Ton/da B.K. +A.G., 3 Ton/da B.K. (71.47, 65.06 mg TPF/g KT) sırasıyla oluştururken son grubu, 5 Ton/da B.K. +A.G., 5 Ton/da B.K. (40.30, 33.67mg TPF/g KT) oluşturmaktadır (Şekil 4.7). Bu veriler doğrultusunda biyokömür uygulamalarının artan dozlarına paralel olarak Dehidrogenaz Enzim Aktivitesinde bir düşme meydana geldiği görülmektedir. Bu düşmenin sebebinin mikrobiyal aktivitenin olumsuz olarak etkilenmesi değil, biyokömürün yüksek adsorbsiyon kapasitesinden kaynaklanan özelliğinden dolayı TPF'nin (triphenylformazan) oluşan kırmızı renginin biyokömür tarafından adsorbe

edilmesi ve bunun neticesinde spektrofotometrik olarak konsantrasyonun düşük olarak gerçekleştiği düşünülmektedir.



Şekil.4.8 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi miktarı (mg TPF/g KT)

Biyokömür ve Ahır Gübresi uygulamasının dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelendiğinde ilk istatistiki grubu A.G. uygulaması (177.86 mg TPF/g KT) oluşturmuştur ikinci istatistiki grubu Kontrol (157.83 mg TPF/g KT) uygulaması oluşturmuştur. Biyokömür uygulamalarıyla birlikte B.K.+A.G ve B.K. (78.47 ve 71.72 mg TPF/g KT) uygulamaları en son istatistiki grubu oluşturmuştur (Şekil 4.8).

4.3.4. Biyokömür Uygulamasının Üreaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Üreaz enzim aktivitesi, topraklara çeşitli yollarla (bitkisel artıklar, hayvan dışkıları, gübreler vb.) ulaşan ürenin hidrolizini sağlayan ekstraselüler bir enzimdir. Bu enzimler toprak mikroorganizmaları tarafından besin maddelerini parçalamak amacıyla üretildikten sonra, toprakların kil ve organik madde gibi kolloidleri tarafından tutulmakta ve bu enzimleri üreten mikroorganizma hücrelerine

bağlı kalmadan faaliyetlerini devam ettirebilmektedirler (Bremner, 1998; Aşkın vd., 2004). Üreaz aktivitesi toprakların organik madde içeriğindeki artışa paralel olarak artmakta, tuzlu ve gley topraklarda bu enzim aktivitesi azalmaktadır. İnkübasyon denemesinde kullanılan Biyokömürün ve kullanım miktarlarının topraklardaki Üreaz Enzim Aktivitesi üzerine etkisini belirlemek için her bir dönemin (15. gün, 30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda örnek alınarak araştırma topraklarındaki üreaz enzim aktivitesi miktarları saptanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, uygulama, dönemler ve uygulama x dönem interaksyonuna göre oluşan farklılığın istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. Günlerinde Saptanan Üreaz Enzim Aktivitesi (mg N/g KT/2h)

UYGULAMA		15. GÜN	30.GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		19,85	7,59 <i>d</i>	16,86	15,59 <i>b</i>
B.K.	1 Ton/da B.K.	22,49	20,60 <i>bc</i>	21,14	26,78 <i>a</i>
	3 Ton/da B.K.	26,21	23,18 <i>abc</i>	22,70	13,69 <i>b</i>
	5 Ton/da B.K.	23,41	16,69 <i>cd</i>	20,39	13,99 <i>b</i>
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	19,82	22,94 <i>abc</i>	21,31	15,89 <i>b</i>
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	21,45	29,76 <i>a</i>	24,73	17,56 <i>b</i>
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	22,08	25,35 <i>ab</i>	21,80	12,49 <i>b</i>
AHİR GÜBRESİ		21,45	24,70 <i>abc</i>	26,22	14,59 <i>b</i>
P<...:		ö.d.	**	ö.d.	**

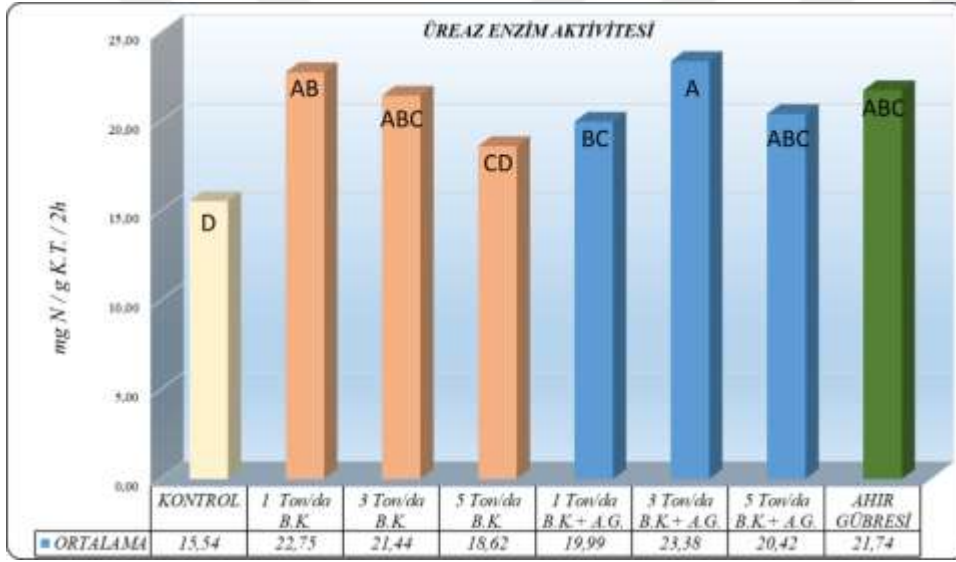
Varyans Analiz Tablosu

Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	557,07094	11,4930	<0,0001**
Uygulama	7	530,27462	4,6887	<0,0003**
Dönem*Uygulama	21	924,31937	2,7243	<0,0011*
Hata	64	1034,0328		
Toplam	95	3045,6978		

- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : $p<0.05$, **: $p<0.01$, öd: önemli değil).

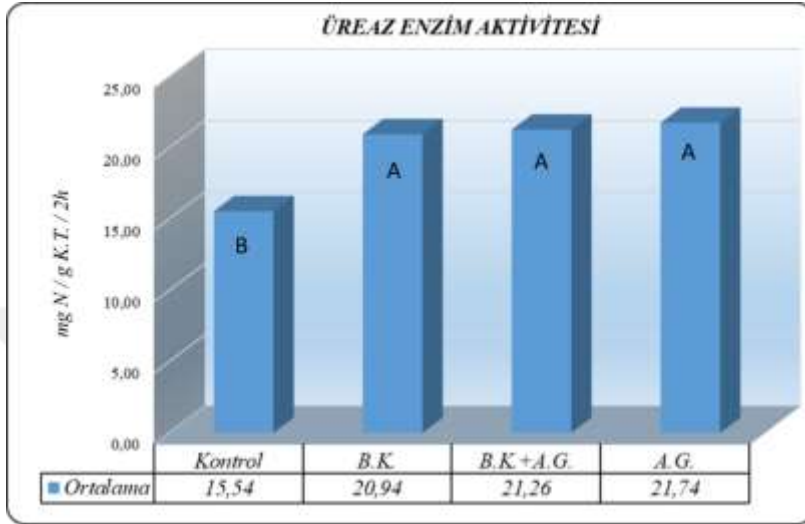
İnkübasyon denemesinin 15. ve 60. günlerinde yapılan üreaz enzim aktivitesi değerleri sonucunda uygulamalar arasında istatistiki olarak bir fark görülmemiştir.

Denemenin 30. gününde uygulamalar arasındaki ilk istatistik grubu, 3 ton/da B.K. + A.G. (29.76 mg N/g KT/2h) oluştururken son grupta yer alan uygulama, Kontrol (16.86 mg N/g KT/2h) olmuştur. 90. günde ise, sadece 1 ton/ B.K.'ün uygulandığı topraklarda üreaz enzim aktivitesi değerleri yüksek (26.76 mg N/g KT/2h) olarak belirlenmiş ve ilk istatistik grubu oluşturmuş, en düşük üreaz enzim aktivitesi oluşumu değeri ise, 5 ton/da B.K. + A.G. (12.49 mg N/g KT/2h) son istatistik grubunda yer almıştır (Çizelge 4.7).



Şekil 4.9 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Üreaz Enzim Aktivitesi Değerleri (mg N/g KT/2h)

Doksan günlük inkübasyon denemesi sonunda uygulamaların kendi aralarındaki ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve ahır gübresi uygulamasının üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi istatistik olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. İlk istatistik grubu tek başına, 3 Ton/da B.K.+ A.G. (23.38 mg N/g KT/2h) oluştururken ikinci istatistik grubu, 1 Ton/da B.K. (22,75 mg N/g KT/2h), üçüncü grubu sırasıyla, Ahır gübresi, 3 ton/da B.K.+ A.G., 5 ton/da B.K.+ A.G. (21.74, 21.44, 20.42 mg N/g KT/2h) dördüncü grupta yer alan uygulama, 1 ton/da B.K. + A.G. (19.99 mg N/g KT/2h) beşinci grubu ise, 5 ton/da B.K. (18.62 mg N/g KT/2h) ve son grubu ise Kontrol (14.97 mg N/g KT/2h) uygulaması oluşturmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.10 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Üreaz Enzim Aktivitesi miktarı (mg N/g KT/2h)

Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının üreaz enzim aktivitesi oluşumu üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelediğinde ilk istatistiki grup sırasıyla A.G, B.K+A.G, B.K. (21.74, 21.26, 20.94 mg N/g KT/2h) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu Kontrol (15.54 mg N/g KT/2h) oluşturmuştur (Şekil 4.10).

4.3.5. Biyokömür Uygulamasının Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Organik fosfor bileşiklerinin ortofosfata mineralizasyonunu gerçekleştirerek, bitkiler tarafından alınmasını sağlayan fosfomonoesterazlar (asit ve alkalın toprak fosfatazlar) topraklarda bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından salgılanmaktadırlar. Fosfatazlar düşük fosfor yarayışlılığının olduğu koşullar altında dominant olarak üretilen enzimlerdir. Topraklarda mikrobiyal fosfatazlar daha fazla bulunmaktadır (Tabatabai, 1982). İnkübasyon denemesinde kullanılan Biyokömürün ve kullanım miktarlarının topraklardaki Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi üzerine etkisini belirlemek için her bir dönemin (15. gün, 30. gün, 60. gün ve 90. gün) sonunda örnek alınarak araştırma topraklarındaki Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi miktarları saptanmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda; uygulama ve dönemler arasında oluşan farklılığın istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak uygulama x dönem interaksiyonu arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.8 İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. Günlerinde Saptanan Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi (mg p-NP/g KT/h)

UYGULAMA		15. GÜN	30. GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		109,16 <i>e</i>	115,66	61,15 <i>c</i>	92,24 <i>c</i>
B.K.	1 Ton/da B.K.	136,38 <i>cd</i>	152,06	89,47 <i>abc</i>	121,33 <i>b</i>
	3 Ton/da B.K.	189,82 <i>a</i>	152,44	104,63 <i>ab</i>	129,91 <i>ab</i>
	5 Ton/da B.K.	131,38 <i>de</i>	134,34	101,05 <i>ab</i>	121,48 <i>b</i>
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	152,89 <i>bcd</i>	127,96	101,95 <i>ab</i>	128,69 <i>ab</i>
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	177,02 <i>ab</i>	154,80	119,23 <i>a</i>	140,43 <i>ab</i>
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	159,50 <i>bc</i>	133,13	111,10 <i>ab</i>	131,63 <i>ab</i>
AHIR GÜBRESİ		135,66 <i>cde</i>	139,48	83,74 <i>bc</i>	147,88 <i>a</i>
P<...:		**	ö.d.	**	**

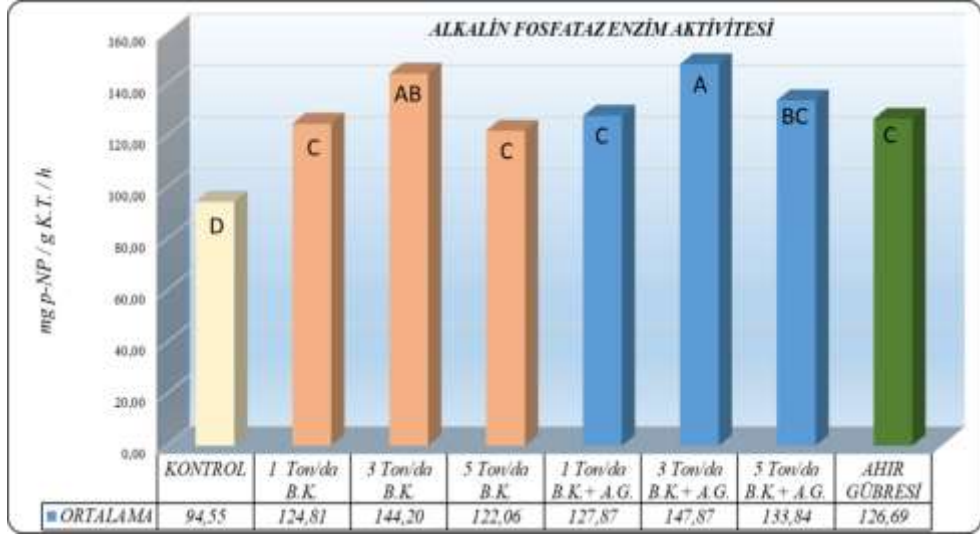
Varyans Analiz Tablosu

Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	37113,563	49,9341	<0,0001**
Uygulama	7	22278,727	12,8463	<0,0001**
Dönem*Uygulama	21	8806,487	1,6927	0,0558
Hata	64	15856,015		
Toplam	95	84054,791		

- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, öd: önemli değil).

İnkübasyon denemesinin 15. gününde yapılan Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi analizi sonucunda uygulamaların bu enzim aktivitesi üzerindeki etkisi $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu 3 ton/da B.K. (189.82 mg p-NP/g KT/h) uygulaması oluştururken, Kontrol (109.16 mg p-NP/g KT/h) uygulaması son istatistiki sınıfı oluşturmuştur. Denemenin 30. gününde uygulamalar arasında fark çıkmamıştır. 60. gün analizlerinde ise, ilk istatistiki grubu 3 ton/da B.K.+A.G. (119.23 mg p-NP/g KT/h) oluştururken, Kontrol (92.24 mg p-NP/g KT/h) son istatistiki grubu oluşturmuştur. 90. günde ise, sadece Ahır gübresinin uygulandığı topraklarda Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesioluşumu en

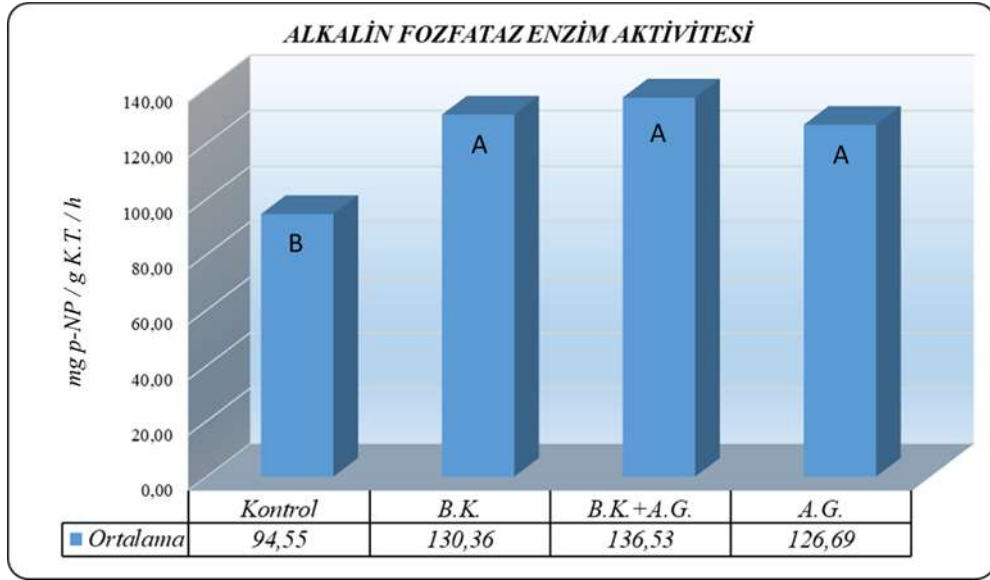
yüksek (147.88 mg p-NP/g KT/h) olarak belirlenmiş ve ilk istatistiki grubu oluşturmuş, en düşük oluşumu değeri ise Kontrol (92.24 mg p-NP/g KT/h) son istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 4.8).



Şekil 4.11 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi (mg p-NP/g KT/h)

Doksan günlük inkübasyon neticesinde uygulamaların kendi aralarındaki ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının alkalın fosfataz enzim aktivitesi oluşumu üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. İlk istatistiki grup 3 Ton/da B.K.+ A.G. (147.87 mg p-NP/g KT/h) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, 3 Ton/da B.K. (144.20 mg p-NP/g KT/h), üçüncü grubu ise, 5 ton/da B.K. + A.G. (133.84 mg p-NP/g KT/h) dördüncü istatistiki grubu sırasıyla, 1 ton/da B.K. + A.G., A.G., 1 ton/da B.K., 5 ton/da B.K. (127.89, 126.69, 124.81, 122.06 mg p-NP/g KT/h) son grubu ise, Kontrol (94.55 mg p-NP/g KT/h) uygulaması oluşturmuştur (Şekil 4.11).

Kontrole göre diğer uygulama gruplarının ortalama değerleri incelendiğinde $p < 0,01$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak alkalın fosfataz enzim aktivitesi üzerine B.K., B.K.+A.G. ve A.G. uygulamaları arasında istatistiki olarak fark çıkmamış ve aynı istatistiki grupta yer almışlardır (şekil 4.3).



Şekil 4.12 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Alkalın Fosfataz Enzim Aktivitesi miktarı (mg p-NP/g KT/h)

4.3.6. Biyokömür Uygulamasının N-Mineralizasyonu Üzerine Etkisi

Organik azotlu bileşiklerin inorganik formlara dönüşümü olan N mineralizasyonu, toprakta farklı fizyolojik özelliklere sahip mikroorganizmalar tarafından yürütülmektedir. Mikrobiyal biyomas, gerek dönüşümü sağlayan bir ajan ve gerekse N-kaynağı olarak toprağın azot döngüsünde önemli bir role sahiptir (Bonde vd., 1988; Duxdury vd. 1991).

İnkübasyon denemesinde N-Mineralizasyonu ait ortalama değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Uygulamaların ve dönemlerin etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

İstatiksel analiz sonuçlarına göre; uygulamalar ve dönemlerin N- Mineralizasyonu üzerine etkisi $p < 0.01$ düzeyin de önemli olmuştur. Uygulama x dönem interaksiyonu istatistiki açıdan önem taşımamıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 İnkübasyonun 15, 30, 60, ve 90. Günlerinde Saptanan N-Mineralizasyonu (mg N/gr KT/gün)

UYGULAMA		15. GÜN	30.GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		24,02	23,98 <i>c</i>	22,87	19,83
B.K.	1 Ton/da B.K.	25,89	27,69 <i>ab</i>	25,22	22,64
	3 Ton/da B.K.	27,56	30,28 <i>a</i>	27,56	24,60
	5 Ton/da B.K.	27,17	25,29 <i>bc</i>	23,81	21,48
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	27,88	23,76 <i>c</i>	26,58	21,60
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	26,36	26,44 <i>bc</i>	24,70	22,37
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	22,03	24,36 <i>bc</i>	22,48	23,31
AHIR GÜBRESİ		25,62	26,75 <i>bc</i>	26,08	22,73
P<...:		<i>ö.d.</i>	<i>**</i>	<i>ö.d.</i>	<i>ö.d.</i>

Varyans Analiz Tablosu

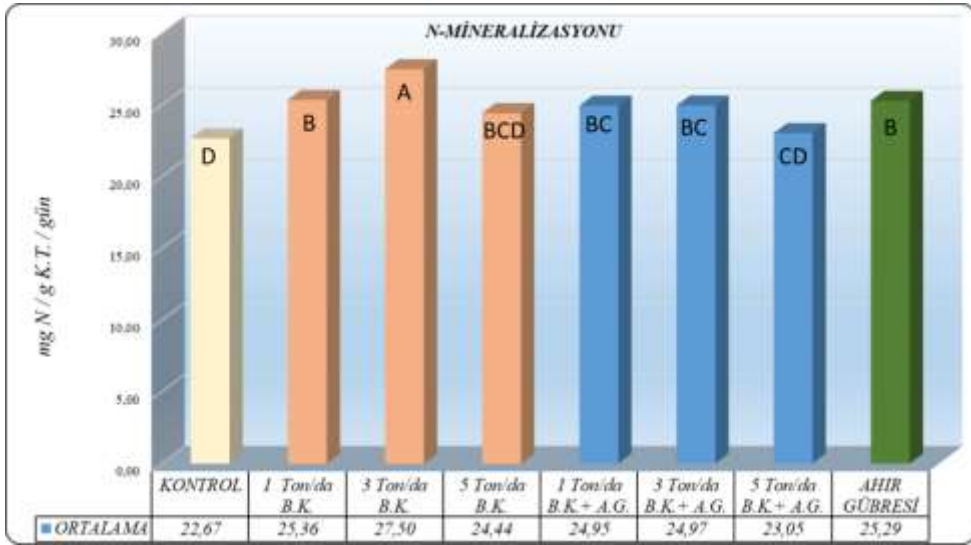
Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	211,26432	11,2246	<0,0001**
Uygulama	7	187,44275	4,2681	<0,0005*
Dönem*Uygulama	21	105,77795	0,8029	0,7059
Hata	64	401,52751		
Toplam	95	906,01253		

- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : p<0.05, **: p<0.01, öd: önemli değil).

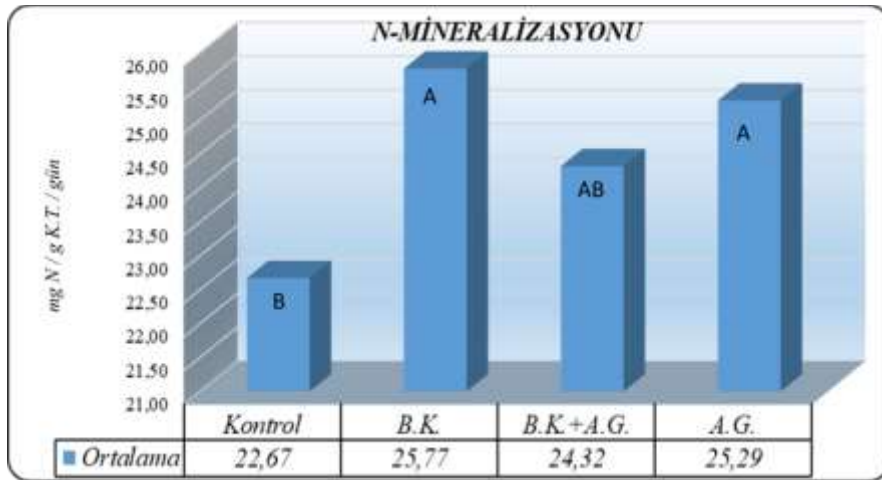
İnkübasyon denemesinin 15., 60., ve 90. günlerin de uygulamalar arasında istatistiki olarak bir fark bulunamamıştır. Buna göre 30. Gün uygulamasında ilk istatistiki grubu oluşturan en yüksek uygulama, 3 ton/da B.K. (30.28 mg N/gr KT/gün), son grubu oluşturan uygulamalar ise sırasıyla 1 ton/da B.K. + A.G., ve Kontrol (23.76, 23.98 mg N/gr KT/gün) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Uygulamaların kendi aralarındaki ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının N-Mineralizasyonu üzerine etkisi istatistiki olarak P<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. İlk istatistiki grup 3 Ton/da B.K. (27.50 mg N/gr KT/gün) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu sırasıyla, 1 Ton/da B.K., A.G. (25.36, 25.29 mg N/gr KT/gün), üçüncü grubu ise, 3 ton/da B.K. + A.G., 1 ton/da B.K. + A.G. (27.97, 24.95 mg N/gr KT/gün) dördüncü istatistiki grubu, 5 ton/da B.K.: (24.44 mg N/gr KT/gün) beşinci grubu ve son grubu oluşturan

uygulamalar sırasıyla, 5 ton/da B.K. + A.G. (23.05 mg N/gr KT/gün) ve Kontrol (22.67 mg N/gr KT/gün) uygulaması oluşturmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak ortalama N-Mineralizasyonu (mg N/gr KT/gün)



Şekil 4.14 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama N-Mineralizasyonu miktarı (mg N/gr KT/gün)

Tüm dönemler ve uygulamaların ortalamaları alındığında; Kontrol (22.67 mg N/gr KT/gün) uygulaması en son istatistiki grubu oluştururken B.K. ve A.G uygulamaları en yüksek N-mineralizasyonu değerlerine sahip olmuşlardır (Şekil 4.14).

4.3.7. Biyokömür Uygulamasının Toprak Reaksiyonu (pH) Üzerine Etkisi

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; dönemler ve uygulamaların toprak pH'sı üzerindeki etkisi $p < 0,01$ düzeyinde önemli olurken, dönem x uygulama interaksiyonun pH'sı üzerinde istatistiki anlamda herhangi bir etkisi ortaya çıkmamıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.10 İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. Günlerinde Belirlenen Toprak Reaksiyonu (pH)

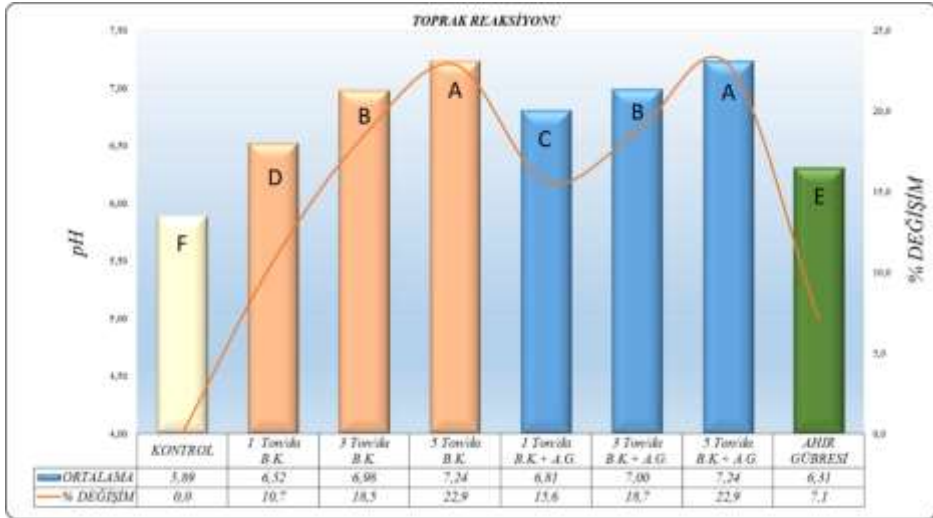
UYGULAMA		15. GÜN	30. GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		5,95 <i>c</i>	5,91 <i>f</i>	5,90 <i>f</i>	5,81 <i>e</i>
B.K.	1 Ton/da B.K.	6,61 <i>b</i>	6,56 <i>d</i>	6,48 <i>d</i>	6,44 <i>cd</i>
	3 Ton/da B.K.	7,09 <i>a</i>	6,99 <i>b</i>	6,97 <i>b</i>	6,87 <i>b</i>
	5 Ton/da B.K.	7,32 <i>a</i>	7,25 <i>a</i>	7,22 <i>a</i>	7,17 <i>a</i>
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	7,10 <i>a</i>	6,69 <i>c</i>	6,71 <i>c</i>	6,74 <i>b</i>
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	7,16 <i>a</i>	7,06 <i>b</i>	7,05 <i>b</i>	6,70 <i>bc</i>
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	7,32 <i>a</i>	7,26 <i>a</i>	7,20 <i>a</i>	7,18 <i>a</i>
AHIR GÜBRESİ		6,40 <i>b</i>	6,29 <i>e</i>	6,28 <i>e</i>	6,26 <i>d</i>
P<...:		**	**	**	**

Varyans Analiz Tablosu

Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	0,598161	11,8397	<0,0001**
Uygulama	7	19,020824	161,3515	<0,0001**
Dönem*Uygulama	21	0,358630	1,0141	0,4605
Hata	64	1,077800		
Toplam	95	21,055416		

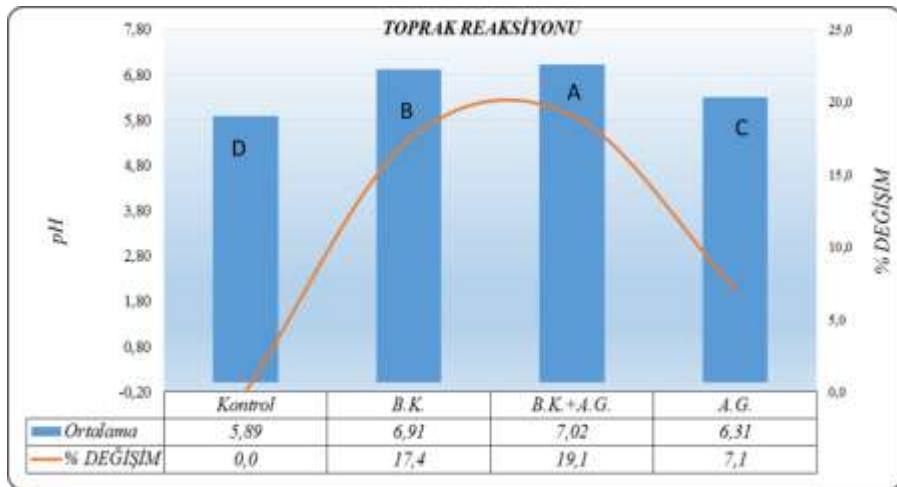
- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, öd: önemli değil).

İnkübasyon denemesinin 15., 30., 60., ve 90. günlerinde toprakların pH'sında uygulamalar arasında istatistiki olarak $p < 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmuştur. Buna göre 15., 30., 60., ve 90. gün tüm dönemlerinde ilk istatistiki grubu 5 ton/da B.K. ve 5 ton/da B.K. + A.G. uygulaması oluştururken, inkübasyon 15. gününde 1 ton/da B.K. uygulaması dışındaki tüm uygulamalar aynı istatistiki grup içinde yer alırken, sonraki tüm dönemlerde 5 ton/da B.K. ve 5 ton/da B.K. + A.G. uygulamaları kontrol ve diğer uygulamalara oranla toprak pH'sını en fazla arttıran uygulamalar olmuştur (Çizelge 4.10).



Şekil 4.15 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Toprak Reaksiyonundaki değişim(pH)

90 günlük inkübasyon neticesinde uygulamaların topraklardaki pH değişimleri ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının Toprakların pH'sı üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. İlk istatistiki grup 5 Ton/da B.K.+ A.G ve 5 ton/da B.K. olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, 3 Ton/da B.K. ve 3 Ton/da B.K. , üçüncü grubu ise, 1 ton/da B.K. + A.G. dördüncü istatistiki grubu sırasıyla, 1 ton/da B.K. son grubu ise, Kontrol uygulaması oluşturmuştur (Şekil 4.15).



Şekil 4.16 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre Toprak Reaksiyonu değişimi (pH)

Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları alındığında pH artışı üzerin de en etkili uygulamanın B.K. + A.G. olduğu, bunu sırayla B.K ve A.G.'nin izlediği saptanmıştır. Kontrole göre toprak pH'sında B.K.+A.G. uygulamasında % 16.1 oranında bir artış olurken, sadece B.K. uygulamasında %14.8 ve A.G. uygulamasında ise %6.6'lık bir artış meydana gelmiştir (Şekil 4.15).

4.3.8. Biyokömür Uygulamasının Elektriksel İletkenlik (dS/m) Üzerine Etkisi

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; dönemler ve uygulamaların toprak EC üzerindeki etkisi $p<0,01$ düzeyinde önemli olurken, dönem x uygulama interaksyonunun EC üzerinde istatistiki anlamda etkisi ortaya çıkmamıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.11 İnkübasyonun 15, 30, 60 ve 90. Günlerinde Belirlenen Elektriksel İletkenlik (dS/m)

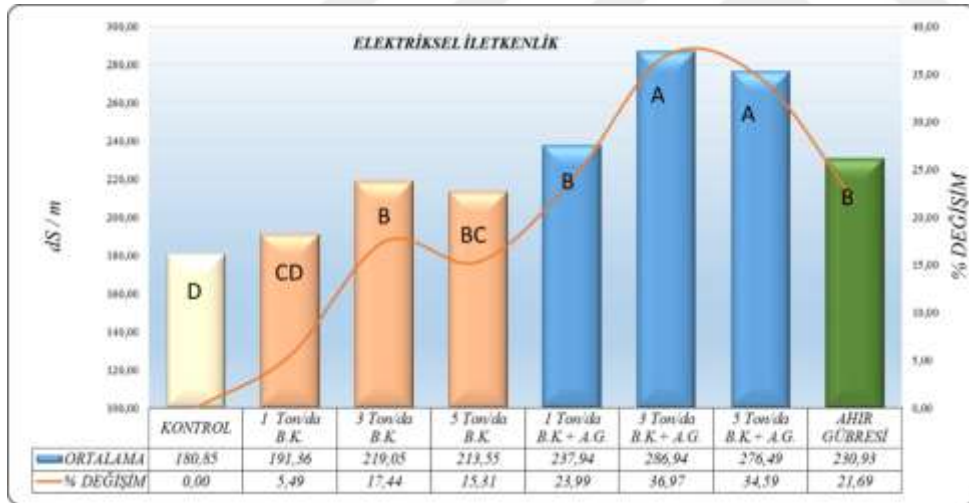
UYGULAMA		15. GÜN	30.GÜN	60. GÜN	90. GÜN
KONTROL		170,40 <i>b</i>	177,33 <i>c</i>	190,67 <i>c</i>	185,00 <i>d</i>
B.K.	1 Ton/da B.K.	147,93 <i>b</i>	190,50 <i>c</i>	213,33 <i>bc</i>	207,67 <i>cd</i>
	3 Ton/da B.K.	175,27 <i>b</i>	212,60 <i>bc</i>	235,33 <i>abc</i>	253,00 <i>cd</i>
	5 Ton/da B.K.	196,53 <i>ab</i>	198,67 <i>c</i>	200,33 <i>c</i>	258,67 <i>bc</i>
B.K.+A.G.	1 Ton/da B.K.+ A.G.	191,43 <i>ab</i>	223,00 <i>bc</i>	275,67 <i>a</i>	261,67 <i>bc</i>
	3 Ton/da B.K.+ A.G.	194,77 <i>ab</i>	290,33 <i>a</i>	278,67 <i>a</i>	384,00 <i>a</i>
	5 Ton/da B.K.+ A.G.	241,30 <i>a</i>	260,33 <i>ab</i>	278,67 <i>a</i>	325,67 <i>ab</i>
AHIR GÜBRESİ		150,07 <i>b</i>	260,33 <i>ab</i>	257,67 <i>ab</i>	255,67 <i>bcd</i>
P<...:		**	**	**	**

Varyans Analiz Tablosu

Kaynak	Ser. Der.	Kareler Top.	F Değeri	Olasılık (P)
Dönem	3	87544,83	25,8334	<0,0001**
Uygulama	7	117193,64	14,8210	<0,0001**
Dönem*Uygulama	21	45323,07	1,9106	0,0251
Hata	64	72294,98		
Toplam	95	322356,51		

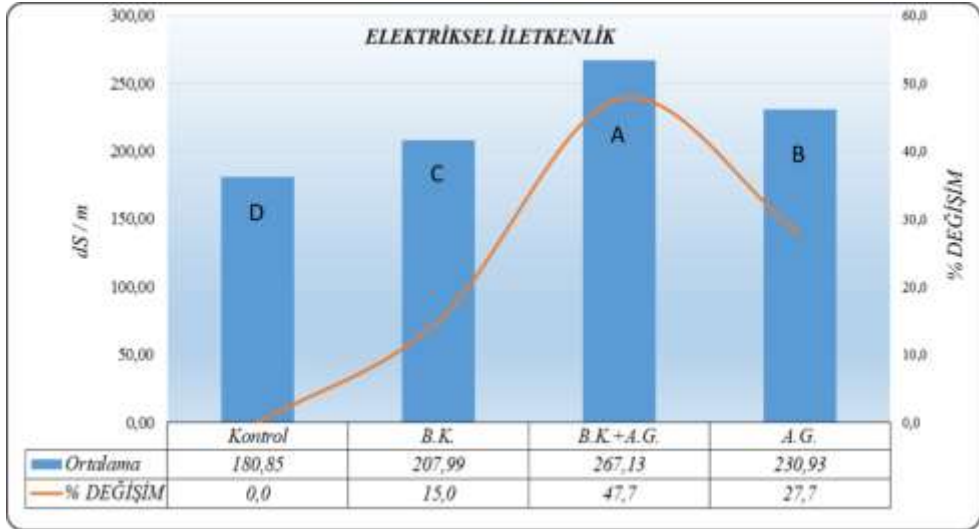
- Her sütunda farklı renkte harf taşıyan değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (* : $p<0,05$, **: $p<0,01$, öd: önemli değil).

İnkübasyon denemesinin 15. gününde yapılan Elektriksel İletkenlik analizi sonucunda uygulamalar arasında istatistiki olarak $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu 5 ton/da B.K. + A.G. (241.30 dS/m) uygulaması oluştururken, 1 ton/da B.K. (147.93 dS/m) uygulaması son istatistiki sınıfı oluşturmuştur. Denemenin 30. gününde ilk istatistiki grubu 3ton/da B.K. +A.G. (290.33 dS/m), son grubu ise, Kontrol (177.33 dS/m) uygulamasının oluşturduğu belirlenmiştir. 60. gün analizlerinde ise, ilk istatistiki grubu 3 ton/da B.K.+A.G., 5 ton/da B.K. + A.G. (278.67, 278.67 dS/m) oluştururken, Kontrol (190.67 dS/m) son istatistiki grubu oluşturmuştur. 90. günde ise, sadece 3 ton/da B.K. + A.G.(384 dS/m) uygulandığı topraklarda Elektriksel iletkenlik en yüksek istatistiki grubu oluşturmuş, en düşük oluşumu değeri ise Kontrol (185 dS/m) son istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 4.11).



Şekil 4.17 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Elektriksel İletkenlikteki değişim (dS/m)

İnkübasyon neticesinde uygulamaların kendi aralarındaki ortalamaları incelendiğinde, Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının EC üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. İlk istatistiki grup 3 Ton/da B.K.+ A.G ve 5 ton/da B.K. + A.G. olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, 1 Ton/da B.K. + A.G., 3 Ton/da B.K. ve Ahır gübresi, üçüncü grubu ise, 5 ton/da B.K.dördüncü istatistiki grubu, 1 ton/da B.K. son grubu ise, Kontrol uygulaması oluşturmuştur (Şekil 4.17).



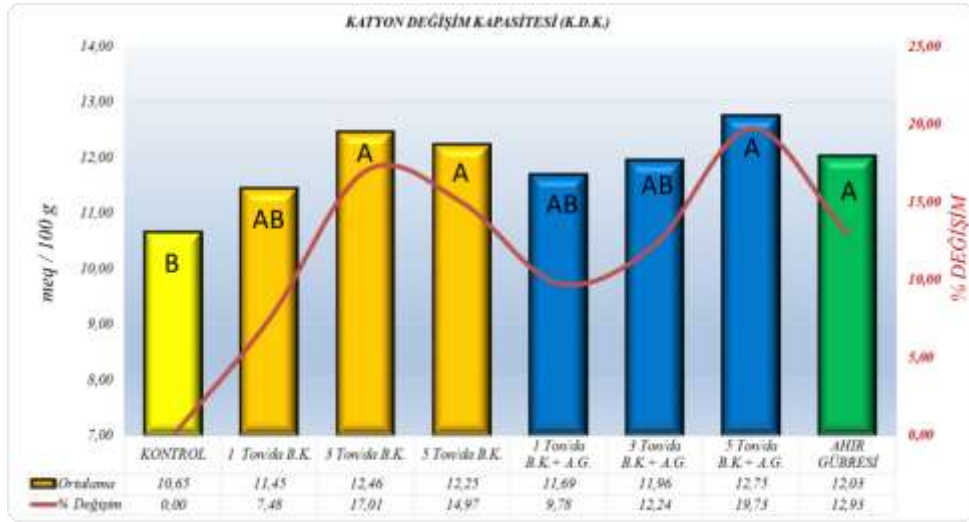
Şekil 4.18 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre Elektriksel İletkenlik (dS/m)

Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının Elektriksel İletkenlik oluşumu üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelendiğinde ilk istatistiki grup B.K+A.G, (267.13 dS/m) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, A.G. (230.93 dS/m) üçüncü istatistiki grup B.K. (207.99 dS/m) oluştururken, son grubu ise Kontrol (180.55 dS/m) uygulaması oluşturmuştur. Özellikle B.K+A.G. uygulamasının toprakların tuzluluğunu Kontrol uygulamasına göre % 47.7 oranında artırdığı belirlenmiştir. (Şekil 4.18).

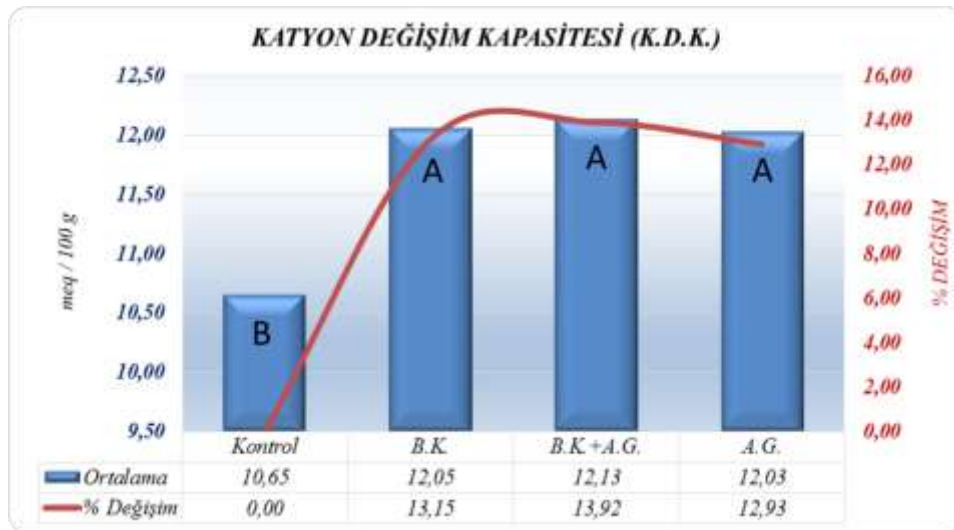
4.3.9. Biyokömür Uygulamasının Katyon Değişim Kapasitesi Üzerine Etkisi

90 günlük inkübasyon uygulaması sonucunda uygulamaların Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) değerleri incelendiğinde, Biyokömür ve ahır gübresi uygulamasının KDK üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu sırasıyla, 5 ton/da B.K. + A.G., 3 ton/da B.K., 5 ton/da B.K., A.G. (12.75, 12,46, 12,25, 12,03 meq/100g) ikinci istatistiki grubu sırasıyla, 3 ton/da B.K. + A.G., 1 ton/da B.K. + A.G., 1 ton/da B.K. (11.96, 11.69, 11.45 meq/100g) üçüncü ve son grubu ise tek başına Kontrol (10.65 meq/100g) uygulaması oluşturmaktadır. Kontrol uygulamasına göre KDK'da % değişim oranı incelendiğinde en yüksek değişim oranına sahip

uygulama, 5 ton/da B.K. +A.G (%19,73), en düşük değişim oranına sahip uygulama ise 1 ton/da B.K. (%7,48) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19).



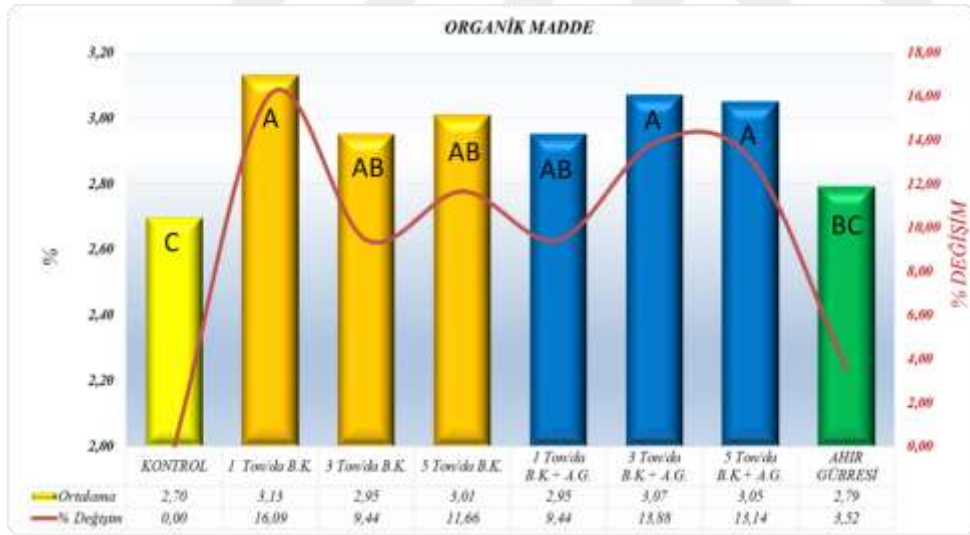
Şekil 4.19 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Katyon Değişim Kapasitesi (meq/100g) Ortalamaları ve % Değişim Oranları



Şekil 4.20 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre Katyon Değişim Kapasitesi Ortalaması (meq/100g) ve % Değişim Oranları

Biyokömür uygulamalarının toprakların KDK üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelendiğinde kontrol hariç tüm B.K. uygulamaları aynı istatistiki grupta yer almış ve toprakların KDK'ı üzerinde olumlu etkileri olmuştur. Kontrol uygulamasına göre toprakların KDK'sında BK. + A.G. uygulamasında % 13.92, B.K. uygulamasında %13.15 ve A.G. uygulamasında ise % 12.93'lük bir artış olmuştur (Şekil 4.20). Toprakların KDK'sındaki bu artışların toprakların birçok önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olumlu etkilerin olacağı bilinmektedir.

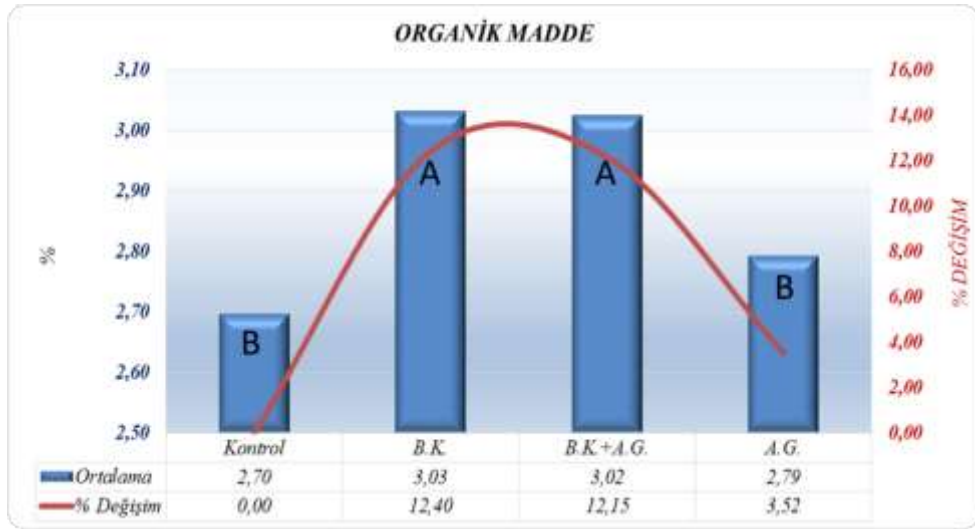
4.3.10. Biyokömür Uygulamasının Organik Madde Miktarı Üzerine Etkisi



Şekil 4.21 İnkübasyon topraklarında uygulama dozlarına bağlı olarak Organik Madde miktarı Ortalamaları ve % Değişim Oranları

Deneme sonunda, uygulamaların kendi aralarında ki değerleri incelendiğinde, Biyokömür ve ahır gübresi uygulamasının Organik Madde üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu sırasıyla, 1 ton/da B.K., 3 ton/da B.K. + A.G., 5 ton/da B.K. + A.G. (% 3.13, 3.07, 3.05) ikinci istatistiki grubu sırasıyla, 5 ton/da B.K., 1 ton/da B.K. + A.G., 3 ton/da B.K. (% 3.01, 2.95, 2.95) üçüncü grubu tek başına A.G. (% 2.79) dördüncü ve son

grubu Kontrol (%2.70) uygulaması oluşturmaktadır. Kontrol uygulamasına göre % değişim oranı incelendiğinde toprak organik maddesindeki artışın en yüksek 1 ton/da B.K. (%16,09), en düşük değişim oranına sahip uygulama ise A.G. (% 3,52) olarak değerlendirilmiştir(Şekil 4.21).



Şekil 4.22 İnkübasyon topraklarında uygulamalara göre ortalama Organik Madde (%) içeriği ve % Değişim Oranları

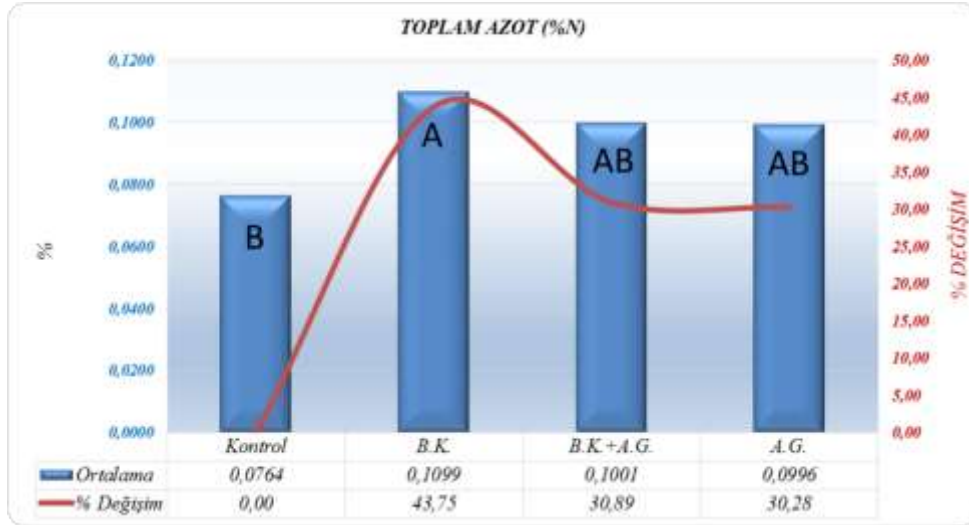
Uygulamaların organik madde üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelendiğinde ilk istatistiki grup B.K. (% 3.03) ve B.K. + A.G. (% 3.02) olarak belirlenmiştir. Son istatistiki grup sırasıyla, A.G., Kontrol (% 2.79, 2.70) uygulamaları oluşturmuştur. Kontrol uygulamasına göre toprak organik maddesinde B.K. % 12.40 ve B.K.+A.G uygulamasında % 12.15'lik bir artış elde edilmiştir (Şekil 4.22).

4.3.11. Biyokömür Uygulamasının Toprakların Toplam Azot İçeriğine Etkisi



Şekil 4.23 Uygulama ve Dozlara Göre Toplam Azot Miktarı Ortalaması (%) ve % Değişim Oranları

Biyokömür ve ahır gübresi uygulamasının toplam azot üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu sırasıyla 3 ton/da B.K., 1 ton/da B.K. (% 0.1217, 0.1196) uygulamaları oluşturmuştur. İkinci istatistiki grubu sırasıyla 5 ton/da B.K. + A.G., 3 ton/da B.K. + A.G., A.G., 3 ton/da B.K. + A.G., 1 ton/da B.K. + A.G., 5 ton/da B.K. (% 0.1108, 0.1010, 0.0996, 0.0884, 0.0884) üçüncü istatistiki grubu Kontrol (% 0.0764) uygulaması oluşturmaktadır. Kontrol uygulamasına göre % değişim oranı incelendiğinde en yüksek değişim oranına sahip uygulama, 3 ton/da B.K. (% 59.22), en düşük değişim oranına sahip uygulama ise, 5 ton/da B.K., 1 ton/da B.K. + A.G. (% 15.63-15.63) olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.24 Uygulamalara Göre Toplam Azot miktarları (%) Ortalaması ve % Değişim Oranları

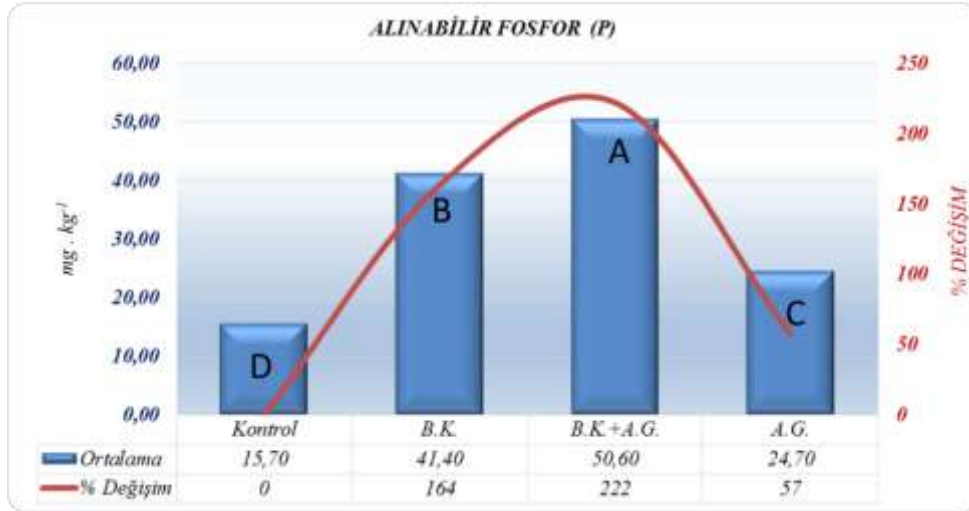
Deneme sonundaki toplam azot üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelediğinde ilk istatistiki grup B.K. (% 0.1099) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, B.K. + A.G. ve A.G. (% 0.1001, 0.0996) üçüncü ve son istatistiki grup, Kontrol (% 0.0764) uygulaması oluşturmuştur. Kontrol uygulamasına göre değişim oranı hesaplanmış ve bu sonuca göre B.K. uygulamasının toprakların toplam N içeriğini % 43.79 oranında artırdığı, B.K.+A.G. uygulamasının %30.89 ve A.G. uygulamasının ise %30.28 oranında artırdığı belirlenmiştir (Şekil 4.24).

4.3.12. Biyokömür Uygulamasının Toprakların Alınabilir Fosfor İçeriğine Etkisi



Şekil 4.25 Uygulama ve Dozlara Göre Alınabilir Fosfor ($mg\ kg^{-1}$) Ortalaması ve % Değişim Ortalaması

90 günlük inkübasyon uygulaması sonucunda, uygulamaların kendi aralarında ki değerleri incelendiğinde, Biyokömür ve Ahır Gübresi uygulamasının alınabilir fosfor (P) üzerine etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu, 5 ton/da B.K. + A.G. ($57.96\ mg\ kg^{-1}$) ikinci istatistiki grubu, 3 ton/da B.K. + A.G. ($52.56\ mg\ kg^{-1}$), üçüncü grubu ise 5 ton/da B.K. ($49.24\ mg\ kg^{-1}$) uygulaması oluştururken son grubu ise Kontrol ($15.70\ mg\ kg^{-1}$) uygulaması oluşturmaktadır. Kontrol uygulamasına göre % değişim oranı incelendiğinde en yüksek değişim oranına sahip uygulama, 5 ton/da B.K. + A.G. (%269,1), en düşük değişim oranına sahip uygulama ise, A.G. (% 57,3) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.26 Uygulamalara Göre Alınabilir Fosfor Ortalaması($mg\ kg^{-1}$) ve % Değişim Ortalaması

Biyokömür ve ahır gübre uygulamasının alınabilir fosfor üzerine ayrı ayrı etkilerini tespit etmek amacıyla Biyokömür ve Biyokömür + Ahır Gübresi uygulamalarının kendi aralarında ortalamaları üzerinden etkisi istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamalar arasındaki farklar incelendiğinde ilk istatistiki grup B.K.+ A.G.($50.60\ mg\ kg^{-1}$) olarak belirlenmiştir. İkinci istatistiki grubu, B.K.($41.40\ mg\ kg^{-1}$) üçüncü grubu, A.G. ($24.70\ mg\ kg^{-1}$) uygulaması dördüncü ve son grubu ise Kontrol ($15.70\ mg\ kg^{-1}$) uygulaması oluşturmaktadır. Topraklara biyokömür uygulaması ile kontrole göre toprakların alınabilir P içeriğindeki artışlar incelendiğinde, BK.+ A.G. uygulamasında % 222, B.K. uygulamasında %164 ve A.G. uygulamasında ise %57'lik bir artış elde edilmiştir (Şekil 4.26).

Zhai vd., 2014 yaptıkları çalışmada da bu bulguları destekler nitelikte olup, biyokömür uygulamalarının toprakların yararışlı P içeriğine olan etkisinin sırası ile 13, 53, 93, 137 $mg\ kg^{-1}$ değerlerinde artan oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar çalışma neticesinde mısırdan elde edilmiş biyokömür uygulamalarının alkali toprakların yararışlı P içeriğini artırmada etkin olduğunu belirtmişlerdir.

4.3.13. Biyokömür Uygulamasının Toprakların Ekstrakte Edilebilir Potasyum İçeriğine Etkisi



Şekil 4.27 Uygulama ve Dozlara Göre Ekstrakte Edilebilir Potasyum Ortalaması($mg\ kg^{-1}$) ve % Değişim Ortalaması

90 günlük inkübasyon denemesi sonunda toprakların Ekstrakte Edilebilir Potasyum içeriklerinin uygulama miktarlarına göre değişimleri istatistiki olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre ilk istatistiki grubu, 5 ton/da B.K. + A.G. ($280\ mg\ kg^{-1}$) ikinci istatistiki grubu, 5 ton/da B.K. + A.G., ($266.67\ mg\ kg^{-1}$) üçüncü grubu ise 3 ton/da B.K.+ A.G., A.G. (236.67 , $236.67\ mg\ kg^{-1}$) uygulaması oluştururken dördüncü grubu ise 1 ton/da B.K.+ A.G. ($214.33\ mg\ kg^{-1}$) beşinci grubu 1 ton/da B.K. ($191.33\ mg\ kg^{-1}$) altıncı grubu 3 ton B.K. ($181.67\ mg\ kg^{-1}$) son grubu oluşturan uygulama ise Kontrol ($154.67\ mg\ kg^{-1}$) dür. Kontrol uygulamasına göre % değişim oranı incelendiğinde en yüksek değişim oranına sahip uygulama, 5 ton/da B.K. +A.G. (%81,03), en düşük değişim oranına sahip uygulama ise, 3 ton/da B.K. (% 17,46) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.28 Uygulamalara Göre Ekstrakte Edilebilir Potasyum Ortalaması ($mg\ kg^{-1}$) ve % Değişim Ortalaması

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre inceleme yapıldığında kontrol dışındaki tüm uygulama ortalamaları tek istatistiki grubu oluşturmuştur. Verilere bakıldığında istatistiki olarak uygulamaların etkisi $P < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Biyokömür uygulaması ile toprakların ekstrakte edilebilir potasyum içeriğinde Kontrole göre B.K.+A.G. uygulamasında %57,74, A.G. uygulamasında %53,02 ve B.K. uygulamasında ise % 37,86'lık bir artış belirlenmiştir (Şekil 4.28).

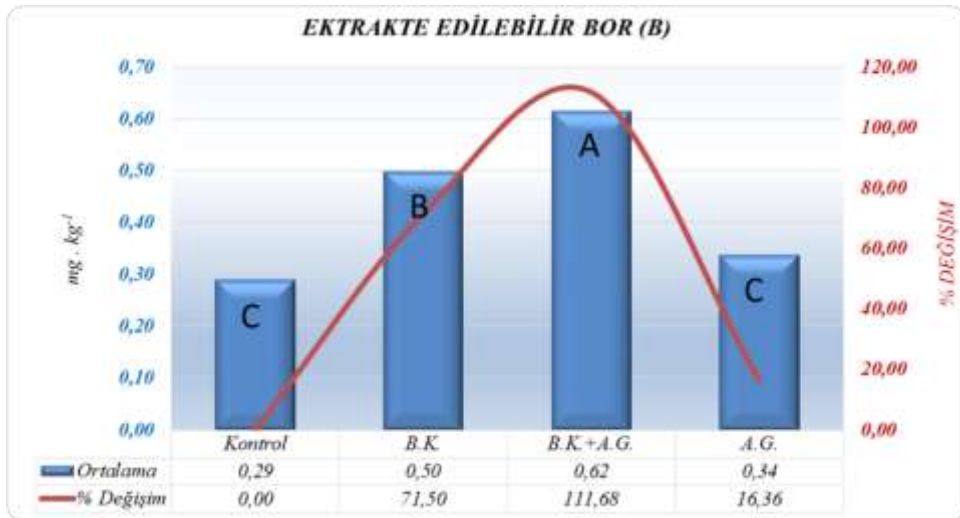
4.3.14. Biyokömür Uygulamasının Toprakların Ekstrakte Edilebilir Bor İçeriğine Etkisi

Doksan günlük inkübasyon denemesi sonucunda toprakların ekstrakte edilebilir bor içeriği incelendiğinde uygulamalar arasında istatistiki olarak $P < 0,01$ seviyesinde önemli fark olduğu tespit edilmiştir. Buna göre ilk istatistiki grubu 5 ton/da B.K. +A.G. ($0,72\ mg\ kg^{-1}$) ikinci grubu 3 ton/da B.K. ($0,67\ mg\ kg^{-1}$) üçüncü grubu 5 ton/da B.K. ($0,61\ mg\ kg^{-1}$) dördüncü grubu sırasıyle 3 ton/da B.K., 1 ton/da B.K. + A.G. ($0,52, 0,46\ mg\ kg^{-1}$) beşinci grubu 1 ton/da B.K. ($0,37\ mg\ kg^{-1}$) altıncı grubu A.G. ($0,34\ mg\ kg^{-1}$) yedinci ve son grubu Kontrol ($0,29\ mg\ kg^{-1}$) uygulaması oluşturmaktadır. % değişim olarak kontrol uygulamasına göre en

yüksek değişimi gösteren uygulama 5 ton/da B.K. +A.G. (% 147,66), en düşük değişime sahip uygulama ise A.G: (% 16,36) uygulaması olmuştur (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 Uygulama ve Dozlara Göre Ekstrakte Edilebilir Bor Ortalaması($mg\ kg^{-1}$) ve %değişim Ortalaması



Şekil 4.30 Uygulamalara Göre Ekstrakte Edilebilir Bor Ortalaması($mg\ kg^{-1}$) ve % değişim oranları

İstatistiki analiz sonucuna göre toprakların Ekstrakte edilebilir bor içeriği $P < 0,01$ seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Biyokömür uygulamalarının toprakların ekstrakte edilebilir bor konsantrasyonuna açısından ilk istatistiki grubu oluşturan uygulama B.K. + A.G. (0.62 mg kg^{-1}) olarak belirlenmiştir. Toprakların ekstrakte edilebilir bor konsantrasyonlarındaki değişim ise kontrole göre B.K. + A.G. uygulamasında %111.68 oranında artmıştır. Bu artışı %71.50 ile B.K. uygulaması yakip etmiştir (Şekil 4.30).

5. SONUÇ

Küresel ısınmanın bir sonucu olarak dünyada ve ülkemiz topraklarında organik madde hızlı bir şekilde azalmaktadır. Toprakta verimliliğin bir göstergesi olan organik maddenin artırılması toprakların C dengesi açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda özellikle tarım sektöründe ortaya çıkan yüksek miktardaki organik atıkların yakılarak yok edilmesi yerine bu atıkların toprakta organik materyal olarak kullanılması özellikle organik maddesi düşük olan topraklar için çok önemli bir yer tutmaktadır.

Tez çalışmasında kullanılan biyokömür materyalleri ile toprakların giderek azalan organik maddesinin korunmasını ve atmosfere salınan sera gazlarının etkisinin en aza indirgenmesini amaçlanmıştır. Ayrıca özellikle Karadeniz Bölgesi gibi asit karakterli topraklara sahip bölgelerin yanında özellikle bilinçsiz kimyasal gübre kullanımı neticesinde topraklar tarımsal üretimi kısıtlayacak derecede toprak reaksiyonunun asit karakterli olmasına yol açmaktadır. Bu çalışma ile toprak düzenleyici olarak biyokömür uygulaması ile toprak pH'sının düzenlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan biyokömür amonyum dihidrojen fosfat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) çözeltisi ile doyurulmuştur. Bu sayede biyokömür materyali topraklarda pH'yı düzenlerken aynı zamanda toprakların C dengesini sağlamanın yanında N ve P katkısında yapılması hedeflenmiştir.

Çalışma sonucunda biyokömür uygulamalarıyla birlikte artan dozlara paralel olarak Alkalin Fosfat, Üreaz enzim aktivitelerinde, CO_2 oluşumunda, Mikrobiyal Biyomas C'unda ve N-mineralizasyonunda artışlara neden olmuştur. Özellikle ahır gübresi uygulaması ile birlikte kontrol uygulamasına göre CO_2 oluşumu miktarı artmıştır. Bunun nedeni ahır gübresi ilavesi ile birlikte topraktaki heterotrof mikroorganizmaların teşvik edilmesi ve buna paralel olarak oluşan CO_2 miktarının artmasıdır. Ancak bununla birlikte biyokömür uygulaması ile toprakta oluşan CO_2 'nin biyokömür tarafından tutulduğu, bunun neticesinde de özellikle küresel ısınma ile birlikte oluşan CO_2 'nin topraklara biyokömür gibi

adsorban materyaller uygulamalarıyla birlikte toprakta tutulabileceği ve atmosfere salınımının bir miktar da olsa engellenebileceği belirlenmiştir.

Topraklara biyokömür, biyokömür + ahır gübresi ve ahır gübresi uygulamaları ile birlikte tüm uygulamalarda kontrole göre toprakların KDK'sinde %13.92 - %12.93, organik madde miktarında %12.40 - %3.52, toplam N miktarında %43.75 - %30.28, alınabilir fosfor miktarında %22- %57, ekstrakte edilebilir potasyum miktarında %57.54 – %37.86 ve ekstrakte edilebilir bor miktarında %111.68- %16.36 oranlarında artışlar meydana gelmiştir.

Çalışmanın esas amacını oluşturan asit karakterli toprakların pH'larının ıslahında biyokömür materyalinin kullanımı konusunda, en etkili uygulamanın 5 ton/da B.K. (%22.9), 5 ton/da B.K. + A.G. (%22.9) uygulamalarında olduğu tespit edilmiştir. Her iki uygulamada da pH'sı 5.89 olan asit karakterli Kontrol toprağının pH'sı 7.24'e yükseltilmiştir.

KAYNAKLAR

- Adiloğlu, A., 1989. Trakya bölgesi asit topraklarına kireç ilavesinin bazı makro besin elementlerinin elverişliliğine etkisi üzerinde bir araştırma. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 53 s. Tekirdağ
- Adiloğlu A., Adiloğlu S. 2005. An Investigation on Nutritional Problems of Hazelnut (*Corylus avellana*) Grown in acid Soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36(15):2219-2226
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y. ve Delibacak, S. 2004 Toprak Bilimi, E.Ü.Z.F Yayınları No: 557, 206-207.
- Amarasiri, S. L. and Olsen, S. P., 1973. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, 37: 716-721.
- Anderson, T.H. and Domsch, K.H., 1978. A Physiological Method for the Quantitative Measurement of Microbial Biomass in Soil, **Soil Biology Biochemistry**, 215-221.
- Andersson S., Nilsson S. I. 2001. Influence of pH and Temperature on microbial activity, substrate availability of soil-solution bacteria and leaching of dissolved organic carbon in a more humus. **Soil Biol. Biochem.** 33:1181-1191.
- Anonim, 2017, <http://webcache.googleusercontent.com>. Erişim tarihi: 20.07.2017
- Anonim, 2018, <http://www.drt.com.tr> Erişim tarihi: 25.06.2018
- APHA-AWWA-WPCF, (1995). Standard Methods For Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Washington.
- Ateşalp, M., 1976. Doğu Karadeniz Bölgesi Asit Topraklarının Kireçlenmesi ve Bununla İlgili Araştırmalar. Köyişleri Bakanlığı Toprak Su Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No.65 Rapor Seri No.4 Ankara.

- Aydemir O., 1985. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ders Notları Teksiri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Erzurum.
- Barik, K., Aydın, A., Kant Aydın, C., 2013. Leaching of different liming materials from acid soil and determination of liming period. **Journal of Food, Agriculture Environment**,11(3-4): 863-866.
- Bayraklı, F., 1975. Bayburt ve Erzincan Ovaları ile Rize Bölgesi Topraklarının Fosfor Durumları Üzerine Bir Araştırma. A.Ü. Yayınları No.398, Erzurum.
- Bilen, S. ve Sezen, Y. 1993. Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin Elementleri Elverişliliği Üzerine Etkisi, **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** 24 (2) syf. 158 Ankara
- Bouyoucos, G.J.,1962. A Recalibration of the Hydrometer Methods for Making Mechanical Analysis of Soils. **Agronomy Journal**, 43; 434-438
- Brady N.C., Weil R. R., 2008. The Nature and Properties of Soils. 14th ed., Upper Saddle River, NJ. pp. 9990, ISBN 13-978-0-13-227938-3, Prentice Hall.
- Bremner, J. M., 1965, 'Organic Forms of Nitrogen', Methods of Solid Analysis (Black, C. A. at all 1965), Part II, Chemical and Microbiological Properties, American Soc. Of agronomy Inc. Publisher, 85, 1238-1255p.
- Castro, G.S.A., Crusciol, C.A.C., 2013. Yield and mineral nutrition of soybean, maize and Congosignalgrass as affected by lime stone and slag. **Pesq. Agropec. Bras.**, 48: 673-681.
- Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S., 2007 Using poultry litter biochars as soil amendments. *Aust J Soil Res* 46:437-444
- Chimdi, A., Gebrekidan, H., Kibret, K., Tadesse, T., 2012. Effects of liming on acidity-related chemical properties of soils of different land use systems in Western Oromia, Ethiopia. **World Journal of Agricultural Sciences**, 8(6): 560-567.
- Chirenje, T., Lena Q.Ma., 2002 Impact of high-volume wood-fired boiler ash amendment on soil properties and nutrients. **Commun Soil Sci Plant Anal** 33:1-17.

- Cosgrove, D.J., 1967. Metabolism of Organic Phosphates in Soil. P.216-226 in A.D.Mc Laren and G.H. Peterson(ed.) Soil Biochemistry. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Çengel, M., 2004. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası, Ders Kitabı, E.Ü. Ziraat Fak. Yayınları No.558, İzmir, 166ss.
- Çengel, M., Okur N., Yılmaz, F. I. 2009. Organik bağ topraklarında yeşil gübre bitkileri ve çiftlik gübresi uygulamalarının topraktaki mikrobiyal aktiviteye etkileri. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 46(1), 25-31.
- Dagliesh N, (2006). Measure soil water for better farming decisions. www.csiro.au/files/files/p73o.pdf
- Deorge, T. A., Gardner, E. H., 1985. Reacidification of two lime amended soils in western Oregon. **Soil sci. Soc. Amr. J.** 49. 680-685.
- Dilly, O. 2001. Microbial respiratory quotient during basal metabolism and after glucose amendment in soils and litter. **Soil Biology and Biochemistry**, 33(1), 117-127.
- Dong, X., Lena Q. Ma., Li, Y., 2011. Characteristics and mechanisms of hexavalent chromium removal by biochar from sugar beet tailing. **Journal of Hazardous Materials** 190:909–915.
- Dume B., Gezahegn B., Solomon T., 2015. Characterization of Biochar Produced at Different Temperatures and Its Effect on Acidic Nitosol of Jimma, Southwest Ethiopia. **International Journal of Soil Science**, 10:63-73.
- Eivazi, F., Tabatabai, M. A. 1977. Phosphatases in soils. **Soil biology and biochemistry**, 9(3), 167-172.
- Estrade, J. and Cummings, C. A. 1968. Effects of lime and phosphorus treatments in specific horizons of acid soil in growth and chemical content of corn. **Agron. J.** 60: 447-450.
- Eyüpoğlu F., 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara.

- Farrell, M., Kuhn, T. K., Macdonald, L. M., Maddern, T. M., Murphy, D. V., Hall, P. A., Baldock, J. A., 2013. Microbial utilisation of biochar-derived carbon. **Science of the Total Environment**, 465, 288-297.
- Foy, C.D. and Brown, J.C., 1963. Toxic Factors in Acid Soils. I. Characterization of Aluminum Toxicity in Cotton. **Soil Sci. Amer. Proc.** 27, 403-407.
- Foy, C.D., 1984. Physiological Effects of Hydrogen, Aluminum and Manganese Toxicities in Acid Soil. In F. Adams (ed.). *Soil Acidity and Liming*. Agronomy 12 (2nd ed.). 57-97.
- Fuentes J. P., Bezdicsek D.F., Flury M., Albrecht S., and Smith J.L., 2006. Microbial Activity affected by lime in a long-term no-till soil **Soil Tillage Research**, 88:123-131.
- Gaunt, J., Cowie, A. 2009. Biochar, Greenhouse Gas Accounting and Emissions Trading. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, p. 317-340 -- isbn:9781844076581 – Earthscan.
- González-Fernández, P., Espejo-Serrano, R., Ordóñez- Fernández, R., Peregrina-Alonso, F., 2004. Comparative studies of the efficiency of lime refuse from sugar beet factories as an agricultural liming material. *Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety*, Ramiran 2004, In: Proceedings of the 11th International Conference of the FAO ESCORENA Network on the Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture, 6-9 October, Murcia, Spain, pp. 157-160.
- Güçdemir H. İ., 2006. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No. 231. ISBN 975-407-208-6.
- Hoshi, T., 2001. Growth Promotion of Tea Trees by Putting Bamboo Charcoal in Soil. Proceedings of International Conference on O-cha (tea) Culture and Science. Tokyo. Japan. 147-150.

- Ignatief, V., and H.J. Page. 1965. Gübrelerin Etkili Bir Şekilde Kullanılmaları. 2. Baskı Çeviren: Nurinnisa Özbek. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayın. No:420, ders Kitabı No:147.
- Isermeyer, H. 1952. Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Karbonate im Boden, Z. Pflanzenern. Düng.,Bodenkde.Jakson, M:L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice- HallInc. EnglewoodCliffs, New Jersey, USA.
- Jackson, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N. J.
- Jenkinson D.S. and Ladd, J.N., 1981, Microbial Biomass in Soil: Measurement and Turnover. **In Soil Biochemistry**, 5:415-471.
- Jindo K.,Mizumoto H., SawadaY., Sanchez-Monedero M. A., and Sonoki T., 2014.Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. Biogeosciences, 11, 6613–6621, 2014 <https://doi.org/10.5194/bg-11-6613-2014>
- Kacar, B. ve Kovancı, İ. 1982. Bitki, Toprak ve Gübrelerde Kimyasal Fosfor Analizleri ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No: 354, İzmir
- Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araşt. ve Gelişt. Vakfı Yay. No: 3
- Kacar, B., 1996. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. AÜ Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.
- Kacar B. Ve Katkat V., 2006. *Bitki Besleme* (Çkinci Baskı). Nobel Yayın No: 849, Fen Bilimleri No:29, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kamprath EJ and Foy CD (1984). Line-Fertilizer-Plant Interactions In Acid Soils. In O.P.Engelstated (Ed.). Fertilizer Technology and Use (3nd Ed.). Soil Sci. Soc. Of Amer. Madison, Wisconsin.

- Kandeler, E., Gerber, H., 1988. Short-Term Assay of Soil Urease Activity Using Colorimetric Determination of Ammonium. **Biology and Fertility of Soils** 16, 249-254
- Kant, C., Barik, K., Aydın, A., 2006. Asidik topraklara uygulanan farklı kireçleme materyallerinin bazı toprak özellikleri ile mısır bitkisi (*Zea mays L.*)'nin gelişimi ve mineral içeriğine etkisi. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 37(2): 161-167.
- Kara, R. S., 2016. Farklı Organik Materyallerden Elde Edilen Biyokömürün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Biyokömür ve Biyokömürle Birlikte Arıtılmış Karasu Uygulamasının Bitkisel Üretimde Kullanım Olanakları. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Karaman, R., Brhoi, A.R., Müftüoğlu, N.M., Öztaş, T. Ve Zengin, M. 2007. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği, pp 341
- Karaman, M. R., Brohi, A. R., Müftüoğlu, N. M., Öztaş, T., & Zengin, M. (2007). Sürdürülebilir toprak verimliliği. Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları, 3, 291-294.
- Keeney, D.R., 1982. Nitrogen-availability indices. In: Pagei A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds), *Methods of Soil Analysis, Part 2*, Am. Soc. Agron. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, pp 711
- Keiluweit, M., Nico, P. S., Johnson, M. G., & Kleber, M. (2010). Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). **Environmental Science and Technology**, 44(4), 1247-1253.
- Kurt S., 2016. Biyokömür Ve Vermikompostun Mısır Bitkisinin (*Zea Mays L.*) Kök Bölgesindeki Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Lehmann, J., Czimczik, C., Laird, D., Sohi, S., 2009. Stability of biokömür in soil. In: *Biokömür for Environmental Management: Science and Technology*, 183– 206.

- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **science**, 304(5677), 1623-1627.
- McClellan, A. T., Deenik, J., Uehara, G., Antal, M., 2007. Effects of flashed carbonized© macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. 80(100), 120.
- Mulder, J. Van Breeman, N. and Eijk, H. C., 1989. Depletion of soil Aluminum by acid deposition and in plications for acid neutralization. **Nature**. 337:247-249.
- Ndor1 E., Jayeoba O. J. and. Asadu C. L. A., 2015 American Journal of Experimental Agriculture. Effect of Biochar Soil Amendment on Soil Properties and Yield of Sesame Varieties in Lafia, Nigeria. 9(4): 1-8, , Article no.AJEA.19637 ISSN: 2231-0606
- Olsen S R, Cole C. V., Watanabe F S Dean L. A., 1954. Estimation of Available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. Agric. Cric. 939
- Omenyo, V.S., 2013. Influence of agricultural lime on soil properties and Wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and acidic soils of Uas in Gishu County, Kenya. **American Journal of Experimentel Agriculture**, 3(4): 806-823.
- Osundwa, M. A., Okalebo, J. R., Ngetich, W. K., Ochuodho, J. O., Othieno, C. O., Langat, B., Omenyo, V. S., 2013. Influence of agricultural lime on soil properties and wheat (*Triticum aestivum* L.) yield on acidic soils of Uasin Gishu County, Kenya. **Journal of Experimental Agriculture International**, 806-823.
- Özdemir O., 1997. Samsun Ordu İllerinde Kirecin Mısır Verimine ve Toprak Reaksiyonuna Etkisi. Samsun KHAE yayınları. Genel Yayın No: 86, Rapor Seri No: 73, Samsun.
- Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., Aydoğan, M., 2013. Çay yetiştirilen tarım topraklarının reaksiyon değişimleri ve alansal dağılımları.

- Peng, X., Ye, L.L., Wang, C.H., Zhou, H., Sun, B., 2011. Temperature- and duration-dependent rice straw-derived biochar: characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. **Soil Tillage Research** 112:159–166.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.
- Riehm, E. G. 1957. Krankheiten und Schadlinge der Kulturpflanzen und ihre Bekämpfung.
- Rodriguez, L., Salazar, P. and Preston, T.R., 2009, Effect of biochar and biodigester effluent on growth of maize in acid soils.
- Rondon, M.A., Lehmann, J., Ramirezand, J., Hurtado, M., 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char.
- Sağlam M. T., Bahtiyar M., Cangir C., Tok H. H., 1993. Toprak Bilimi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü . Anadolul Matbaa Tic. Koll. Şti., Tekirdağ.
- Sağlam M. T., 2008. Toprak Kimyası. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No: 1, Tekirdağ.
- Sezen Y., 1981. Asit topraklara kireç ilavesinin fosfor ve potasyum elverişliliğine etkisi. **Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi** Cilt:12, Sayı: 1, S: 71-83.
- Sezen, Y. 1991. Toprak Kimyası. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No : 127, 120-122.
- Serra-Wittling, C., Houot, S., Barriuso, E., 1995. Soil enzymatic response to addition of municipal solid-waste compost. *Biology and Fertility of Soils* 20, 226–236
- Smith, J. L., Paul, E. A. 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. **Soil biochemistry**. Vol.6, 357-396.

- Sullivan, T. S., Barth, V. P., Lewis, R. W., 2017. Soil acidity impacts beneficial soil microorganisms.
- Schulz, Hardy, and Bruno Glaser., 2012. "Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment." **Journal of Plant Nutrition and Soil Science** 175(3): 410-422.
- Sharma, P.K., Dixit, S.P., 1994. Studies on relationships of nutrient potentials, of soil acidities and zeropoint of charge with soil properties following lime and potassium application in an acid mountain soil from western Himalayas. **Indian Natn Sci. Acad.**, 60: 715-719.
- 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.
- Smilde, K. W., 1973. Phosphorus and micronutrient metal uptake by phosphate and lime applied to an acid sandy soil. **Plant and Soil**, 39 : 131-138
- Şimşek, U., 1998. Asit topraklara uygulanan kirecin toprak özelliklerine, bitki gelişmesine ve besin elementi alımına etkisi ile yıkanma durumu. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Şinik, E., 2011. Edirne ilinde bulunan asit karakterli gübrelerin bitki besin elementleri ve bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M., 1969. Soil Enzymes. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds) *Methods of Soil Analysis, Part 2*, Am. Soc. Agron., Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, pp 903-947
- Tabatabai, M.A., 1982. Soil enzymes. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analyses, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 903–947.

- Tarakçıoğlu, C., Özenç, D. B., Yılmaz, F. I., Kulaç, S., Aygün, S. 2019. Fındık Kabuğundan Üretilen Biyokömürün Toprağın Besin Maddesi Kapsamı Üzerine Etkisi. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 34(1), 107-117.
- Thalman A., 1968 Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase aktivität im Bodenmittels Triphenyltetrazolium chlorid (TTC). Land wirtsch Forsch 21: 249–258
- Tok, H.H., 1996. Bitki besleme (3. Baskı). Trakya Üniversitesi Tekirdağ Zir. Fak. Yayınları No: 109, Ders Kitabı No: 69, Tekirdağ.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils Agriculture Handbook No 60
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Downie, A., Chan, K.Y., Cowie, A., Wainberg, R., Morris, S., 2007. Papermill Char: Benefits to Soil Health and Plant Production. Proceedings Conference of The International Agrichar Initiative. 30 April- 2 May 2007. Terrigal. NSW. Australia.
- Van Zwieten, Lukas, Kimber, Stephen, Morris, S., Downie, Adriana, Berger, E., Rust, Josh, Scheer, Clemens, 2010 Influence of biochars on flux of N₂O and CO₂ from Ferrosol. **Australian Journal of Soil Research**, 48(6 - 7), pp. 555-568.
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K. Y., Downie, A., Rust, J., Cowie, A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. **Plant and Soil**, 327(1-2), 235-246.
- Vekemans, X., Godden, B., Penninckx, M.J., 1989. Factor analysis of the relationships between several physico-chemical and microbiological haracteristics of some Belgian agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry** 21, 53-57.
- Zhai, L., Caiji, Z., Liu, J., Wang, H., Ren, T., Gai, X., Xi, B., Liu, H., 2014. Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities Biol Fertil Soils 51:113-122.

Wild A., 1993. Soil and The Environment. Cambridge University Press, New York/ USA.

Walkey A., Black L.A. , 1934. An Examination Of The Degitijareff Method For Determining Soil Organic Matter And A Proposed Modification Of The Chromic Acid Titration Method. **Soil. Sci.** 37: 29-38.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

AdıSoyadı : Burak Alp KANTIK

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Ziraat Fakültesi/Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

Yüksek LisansÖğrenimi :Adnan Menderes Üniversitesi
Ziraat Fakültesi/Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

YabancıDiller : İngilizce

İLETİŞİM

E-Posta Adresi : alpkantik@gmail.com

Tarih :15/09/2019