

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**FARKLI ORGANİK MATERYALLERDEN ELDE
EDİLEN BİYOKÖMÜRÜN FİZİKSEL VE KİMYASAL
ÖZELLİKLERİ İLE BİYOKÖMÜR VE
BİYOKÖMÜRLE BİRLİKTE ARITILMIŞ KARASU
UYGULAMASININ BİTKİSEL ÜRETİMDE
KULLANIM OLANAKLARI**

Recep Serdar KARA

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bülent OKUR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 21.06.2016

Bornova-İZMİR

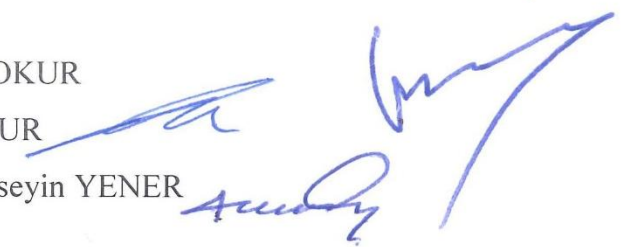
2016

Recep Serdar KARA tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Farklı Organik Materyallerden Elde Edilen Biyokömürün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Biyokömür ve Biyokömür ile Birlikte Arıtılmış Karasu Uygulamasının Bitkisel Üretimde Kullanım Olanakları” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 21.06.2016 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Bülent OKUR
Raportör Üye : Prof. Dr. Nur OKUR
Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YENER



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Organik Materyallerden Elde Edilen Biyokömürün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Biyokömür ve Biyokömürle Birlikte Arıtılmış Karasu Uygulamasının Bitkisel Üretimde Kullanım Olanakları” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynak listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

21.06.2016



Recep Serdar KARA

ÖZET**FARKLI ORGANİK MATERYALLERDEN ELDE EDİLEN
BİYOKÖMÜRÜN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE
BİYOKÖMÜR VE BİYOKÖMÜR İLE BİRLİKTE ARITILMIŞ
KARASU UYGULAMASININ BİTKİSEL ÜRETİMDE KULLANIM
OLANAKLARI**

KARA, Recep Serdar

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent OKUR

Haziran 2016, 65 sayfa

Bu çalışmada okaliptüs (*Eucalyptus deglupta*), kavak budama atıkları, pamuk hasat artığı ve pirina olmak üzere dört farklı organik materyalden kısıtlı oksijen varlığında piroliz yolu ile biyokömür üretilmiş ve bu biyokömürlerin verimlilik özellikleri belirlenmiştir. Üretilen biyokömürler dört farklı dozda (0 t/ha, 10 t/ha, 20 t/ha, 40 t/ha) mısır (*Zea mays l.*) yetiştirilecek topraklara uygulanmış ve bu topraklar ile bir saksı denemesi kurulmuştur. Bu denemenin yanında bir atık yönetimi stratejisi oluşturabilmek adına pirina biyokömürü (Pİ-BK) ve arıtılmış zeytin karasuyu (ZK) kullanılarak yedi ayrı konu ile (1- Kontrol; 2- 50 m³/ha ZK; 3- 50 m³/ha ZK + 10 t/ha Pİ-BK; 4- 50 m³/ha ZK 20 t/ha Pİ-BK; 5- 100 m³/ha ZK; 6- 100 m³/ha ZK + 10 t/ha Pİ-BK; 7- 100 m³/ha ZK 20 t/ha Pİ-BK) bir ek deneme daha yürütülmüştür. Deneme sonucunda biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde içerikleri ile başta fosfor (P) ve potasyum (K) olmak üzere alınabilir makro element içeriklerini artırdığı gözlenmiştir. Uygulamaların bitkilerin yüzde kuru madde değerlerinde önemli bir değişime yol açmadığı ve bitki boyu ile yaprak sayılarında artış sağladığı belirlenmiştir. Zeytin karasuyu ve pirina biyokömürünün birlikte uygulandığı deneme sonucunda yine toprakların organik madde ile alınabilir fosfor ve potasyum içeriklerinde artış gözlenirken, alınabilir mikro element içeriklerinde düşüşler gözlenmiştir. Uygulamalar bitkilerin morfolojik özellikleri üzerinde kayda değer bir etki göstermemiştir.

Anahtar kelimeler: Biyokömür, zeytin karasuyu, kavak, okaliptüs, pirina, pamuk hasat artığı, *Zea mays l.*

ABSTRACT**USAGE POSSIBILITIES OF BIOCHAR AND BIOCHAR WITH OLIVE MILL WASTEWATER IN CROP PRODUCTION ALONG WITH BIOCHAR PRODUCTION FROM DIFFERENT ORGANIC MATERIALS AND THEIR PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION**

KARA, Recep Serdar

MSc in Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Bülent OKUR

June 2016, 65 pages

In this study, biochar production was made from eucalyptus (*Eucalyptus deglupta*), poplar wood, olive baggase and cotton harvest waste in the presence of limited oxygen by pyrolysis. Their productivity properties were determined, also. A pot experiment was carried out by the application of four different doses of these biochars (0 t/ha, 10 t/ha, 20 t/ha, 40 t/ha) to soils. Maize plant (*Zea mays l.*) cultivated on these soils. Beside this experiment, another pot experiment was carried out with olive baggase biochar (Pİ-BK) and biochar with olive mill wastewater (ZK) applications (1- Control; 2- 50 m³/ha ZK; 3- 50 m³/ha ZK + 10 t/ha Pİ-BK; 4- 50 m³/ha ZK 20 t/ha Pİ-BK; 5- 100 m³/ha ZK; 6- 100 m³/ha ZK + 10 t/ha Pİ-BK; 7- 100 m³/ha ZK 20 t/ha Pİ-BK) for the purpose of creating a waste management strategy in olive oil industry. As a result, we determined that biochar application on soils increased the organic matter content, available phosphorus (P) and potassium (K) contents, especially. Applications of biochar did not effect the rate of dry matter for plant but increased the plant height and number of leaf per plant. In the second experiment, the same increase in organic matter content along with available phosphorus and potassium was provided by ZK and Pİ-BK applications too. These applications did not cause a considerable changes in morphological properties of plants.

Keywords: Biochar, olive mill wastewater, poplar, eucalyptus, olive bagasse, cotton harvest waste, *Zea mays l.*

TEŐEKKÖR

Bu alıőmanın yűrűtűlmesi sűrecinde ve yűksek lisans eęitimim boyunca destekleri için Sayın Hocam Prof. Dr. Bűlent OKUR'a teőekkűr ederim. Çalıőma boyunca laboratuvar imkanlarını kullanmamı kolaylaőtıran ve tecrűbelerini paylaőan Sayın Araő. Gűr. Dr. Ali Rıza ONGUN'a ve yardımlarını hiç esirgemeyen arkadaşlarım Zir. Műh. Birhan YÖRÖKOęLU, Zir. Műh. Cansu ALMAZ ve Zir. Műh. Gizem ÇİÇEK'e çok teőekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3.MATERYAL VE METOD	13
3.1. Materyal	13
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Biyokömür üretimi.....	14
3.2.2. Denemelerin kurulması ve yönetimi.....	17
3.2.3. Biyokömür ve zeytin karasuyu örneklerinin analizinde kullanılan yöntemler	18
3.2.4. Toprak örneklerinin analizinde kullanılan yöntemler.....	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.5. Bitkilerin morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler	20
3.2.6. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde uygulanan istatistiksel yöntemler	20
4.BULGULAR VE TARTIŞMA – BİYOKÖMÜR DENEMESİ	21
4.1. Çift Varil Yöntemiyle Üretilen Biyokömürlerin Karakterizasyonu	21
4.1.1. Çift varil yöntemiyle üretilen biyokömürlerin pH ve elektriksel iletkenlik değerleri	21
4.1.2. Çift varil yöntemiyle üretilen biyokömürlerin toplam makro (N, P, K, Na, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Mn, Cu, Zn) bitki besin elementi içerikleri.....	22
4.1.3. Çift varil yöntemiyle elde edilen biyokömürlerin organik madde, organik karbon ve hacim ağırlık değerleri	24
4.2. Biyokömür Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri	25
4.2.1. Biyokömür uygulamalarının toprağın pH ve elektriksel iletkenlik değerleri üzerine etkileri	25
4.2.2. Biyokömür uygulamalarının toprağın organik madde içeriği üzerine etkileri.....	28

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

4.2.3. Biyokömür uygulamalarının toprağın makro bitki besin elementi (toplam N, alınabilir P, K, Na, Ca, Mg) içeriği üzerine etkileri	29
4.2.4. Biyokömür uygulamalarının toprağın mikro bitki besin elementi (alınabilir Fe, Mn, Cu, Zn) içeriği üzerine etkileri	34
4.3. Biyokömür Uygulamalarının Bitkinin Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkileri	37
5. BULGULAR VE TARTIŞMA – ZEYTİN KARASUYU DENEMESİ.....	42
5.1. Zeytin Karasuyu (ZK) ve Pirina Biyokömürü (Pİ-BK) Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri	42
5.1.1 Toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine etkiler	42
5.1.2 Toprakların makro element içerikleri üzerine etkiler	45
5.1.3. Toprakların mikro element içerikleri üzerine etkiler.....	49
5.2. Zeytin karasuyu ve pirina biyokömürü uygulamalarının bitkilerin morfolojik özellikleri üzerine etkileri	50
6.SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Biyokömür üretim varillerin genel görünümü (a) ve üstten görünüm (b)	15
3.2. Biyokömür üretim düzeneği	15
3.3. Çift varil metoduyla biyokömür üretiminde kullanılan düzenek.....	16
3.4. Çift varil metoduyla biyokömür üretiminde kullanılan düzenek.....	16
3.5. Çalışma kapsamında üretilen biyokömürler	16
4.1. Biyokömür uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkileri	26
4.2. Biyokömür uygulamalarının toprakların EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri üzerine etkileri	27
4.3. Biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde içeriği (%) üzerine etkileri	28
4.4. Biyokömür uygulamalarının toprakların toplam azot içeriğine (%) etkisi.....	30
4.5. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir P içeriğine (mg/kg) etkisi	31
4.6. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir K (mg/kg) içeriklerine etkisi	32
4.7. Kontrol saksılarına kıyasla 10 t/ha kavak biyokömürü uygulanmış. saksılar.....	38

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.8. Kontrol saksılarına kıyasla 10 t/ha pirina biyokömürü uygulanmış saksılar.	38
5.1. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkisi.....	43
5.2. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların elektriki iletkenlik değerleri üzerine etkisi.....	43
5.3. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların organik madde içeriği (%) üzerine etkisi.....	44
5.4. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların toplam N içeriği üzerine etkisi.....	46
5.5. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir P (mg/kg) içeriklerine etkisi.....	47
5.6. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir K içeriklerine etkisi.....	47
5.7. Kontrol Saksılarına kıyasla 50 m ³ /ha zeytin karasuyu + 20 t/ha biyokömür uygulanan saksılar.	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Farklı materyallerden elde edilen biyokömürlerin pH değerleri ve elementel içerikleri	8
2.2. Farklı çalışmalarda kullanılan zeytin karasularının bazı özellikleri	11
3.1. Denemelerde kullanılan toprağın bazı özellikleri	13
3.2. Zeytin karasuyu-biyokömür denemesinde kullanılan zeytin karasuyun bazı kimyasal özellikleri ve elementel İçeriği	14
4.1. Denemede kullanılan biyokömürlerin pH ve elektriki iletkenlik değerleri	21
4.2. Denemelerde kullanılan biyokömürlerin toplam makro ve mikro besin elementi içerikleri.....	22
4.3. Biyokömürlerin alınabilir mikro element içerikleri	24
4.4. Denemede kullanılan biyokömürlerin organik madde, organik karbon ve hacim ağırlık değerleri	24
4.5. Biyokömür uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkileri	26
4.6. Biyokömür uygulamalarının toprakların elektriki iletkenlik değeri ($\mu\text{S}/\text{cm}$) üzerine etkileri	27
4.7. Biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde içeriği üzerine etkileri	28

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.8. Biyokömür uygulamalarının toprakların toplam azot içerikleri (%) üzerine etkileri.....	29
4.9. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir fosfor içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri.....	30
4.10. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir potasyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri	31
4.11. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir sodyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri	32
4.12. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir kalsiyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri	33
4.13. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir magnezyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri	33
4.14. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir demir içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri.....	34
4.15. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir mangan içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri	35
4.16. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir bakır içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri.....	36
4.17. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir çinko içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri.....	36

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.18. Biyokömür uygulamalarının mısır bitkisinin boyu (cm) üzerine etkileri	37
4.19. Biyokömür uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde içeriği (%) üzerine etkileri	39
4.20. Biyokömür uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak sayısı üzerine etkileri	39
5.1. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri	42
5.2. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların toplam N, alınabilir P ve K içerikleri üzerine etkileri	46
5.3. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir Na, Ca ve Mg içerikleri üzerine etkileri	48
5.4. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri üzerine etkileri	49
5.5. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının bitkilerin morfolojik özellikleri üzerine etkileri	50

1. GİRİŞ

Biyokömür, biyokütlenin kısıtlı oksijen varlığında ya da oksijensiz bir ortamda termokimyasal dönüşümü sonucu ortaya çıkan bir dönüşüm ürünüdür. Odun, ahır gübresi veya yapraklar gibi çeşitli organik maddelerin kapalı ve düşük oksijen varlığında veya hiç oksijen içermeyen bir ortamda ısıtılması ile elde edilen organik karbonca zengin bir materyaldir. Organik maddenin termal ayrışması kısıtlı oksijen desteği ile görece düşük sıcaklıklarda (<700 °C) gerçekleştirilir. Biyokömür, küresel düzeyde artan toprak düzenleyicisi ihtiyacı ve bunun yanında toprakların bir karbon yutağı olarak kullanılması fikrinin yükselmesi ile birlikte son yıllarda artan düzeyde ilgi görmektedir (Lehmann ve ark., 2006). İngilizce türetilen “biochar” terimi de bu ilgi sonucu literatürde kendisine yer bulmuştur.

Bu çalışmada isimlendirme amacıyla seçilen “biyokömür” terimi, bahse konu olan piroliz ürünleri için İngilizcede geniş kullanım alanı bulan “biochar” teriminin birebir ve basit bir çevirisi olarak kullanılmaktadır. “Bio” ve “char” ikilisinden oluşan isimlendirmedeki baskın mantık, organik materyalin kullanımına ilişkin olarak “bio” terimi ve bu materyalin kömürleştirilmiş oluşuna atfen “char” teriminin kullanılışdır. İngilizceden birebir çeviri sırasında, biyokömür isimlendirmesinin dilimiz için ifade ettikleri de esas isimlendirmenin akıl yürütüşünden uzaklaşmadığı için çeviri kullanımı uygun görülmüştür.

Biyokömüre son yıllarda gösterilen yoğun ilginin temeli iki farklı yönden incelenebilir. Bu ilginin ilk yönü biyokömür tipi materyallerin toprakların yüksek organik karbon içeriklerinin sebeplerinden biri oluşunun keşfi (Glaser ve ark., 2001) ve Terra Preta olarak bilinen Amazon Siyah Toprakları’nın sürdürülebilir verimliliğine katkısının ortaya çıkışı ile açıklanabilir (Lehmann ve ark., 2003). İkinci olarak, biyokömürün herhangi bir organik materyalden çok daha stabil bir yapıya sahip olduğu ve topraklarda uzun süre ayrışmadan kalabildiğinin ispatlanması ve bitki besin elementlerinden yararlanılabilirliği artırdığına ilişkin veriler, ilginin temelini oluşturmaktadır (Lehmann, 2009). Aslında bu durum, biyokömürün bir başka kompost ya da gübre tipi olmadığı ve toprak kalitesinin artırılması ile bitki besin elementleri korunumunun daha etkin bir şekilde gerçekleştirebileceğinin bir göstergesidir. Bu yetenek, sahip olduğu yüksek yük yoğunluğu (Liang ve ark., 2006) gibi daha etkin bitki besin elementi tutumunu

sağlayabilecek spesifik fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanında çözünmeyen ve özgün kimyasal yapısı ile (Skjemstad ve ark., 1996; Baldock ve Smernick, 2002) mikrobiyal ayrışmaya topraktaki diğer organik maddelerden daha dayanıklı oluşu ile desteklenmektedir (Shindo, 1991; Cheng ve ark., 2008). Bu sonuçlar ve yine buna benzer çalışmalar ile biyokömürün çevresel yönetimde önemli bir araç olabileceği fikri, bugünkü ikna ediciliğine kavuşmuştur.

Tüketim alışkanlıkları, sömürü ve çoğu zaman sonu gelmeyecekmiş gibi kullanıma dayanan yüksek nüfuslu toplumlara ev sahipliği yapan dünya, doğal kaynaklarına yönelik bir saldırı altındadır. Bu saldırı, benzer tüketim alışkanlıkları ile sınındığı sürece, değişim ve yeterliliğe fırsat vermeyecektir. Atık yönetimi ve geri dönüşümün, üretim ve tüketimin her alanında yer alabilmesi fikri umut vericidir

Hem endüstriyel düzeyde hem de tarım işletmeleri düzeyinde yürütülen tarımsal işlemler sonucu ortaya çıkan bitkisel ve hayvansal atıklar büyük bir çevresel yük haline gelebilmekte; bu özellikleri dışında atıklar, yer altı ve yer üstü suların kirlenmesine sebep olabilmektedir (Carpenter ve ark., 1998; Matteson ve Jenkins, 2007). Bu atıkların piroliz yoluyla değerlendirilmesi ile biyoenerji elde edilebileceği (Bridgwater, 2003) gibi, özellikle hayvan çiftlikleri için önemli bir avantaj sağlaması adına hacimlerinde ve ağırlıklarında da önemli düşüşler sağlanabilecektir (Cantrell ve ark., 2007).

Topraklara taze organik gübre uygulamasıyla toprakların organik madde miktarı artırılmaya çalışılırken bir yandan da hızlı ayrışma nedeniyle atmosfere önemli miktarda CO₂ salınımı meydana gelmektedir. Atmosfere salınan karbonun önemli kaynağı hidrokarbon bileşikleri ve tarım-toprak kökenli organik bileşiklerin ayrışmasıdır. Küresel ısınmanın nedenlerinden biri olarak atmosferdeki CO₂ miktarının artışı büyük önem taşımaktadır. Bu durumda hem topraktaki organik madde miktarını artıracak hem de atmosfere minimum miktarda CO₂ salınımına yol açacak uygulamalardan biri olarak biyokömür kullanımı son yıllarda özellikle Avrupa'da önem kazanmıştır (Kimetu ve ark. 2008; Steiner ve ark., 2007).

Biyokömürler yüksek miktarda azot içermemesi ve mikroorganizmalar tarafından kolaylıkla ayrıştırılamaması nedeniyle toprakta uzun sürede kalabilmektedir. Ayrıca yüksek özel yüzey alanından (300-2000 m²/g) dolayı daha fazla su ve besin elementi adsorbe ederek bitki gelişimini ve toprak yapısını iyileştirmektedir. Bitki besin elementlerinin yıkanarak uzaklaşmasını engelleyen ve etkinliklerini artıran biyokömür, kullanılacak gübre miktarında da tasarruf sağlamaktadır (Glaser ve ark., 2001). Topraklara biyokömür eklenmesi, atmosferik karbondioksit (CO₂) tutumu yollarından biri olarak görülmektedir (Lehmann ve ark., 2006). Bu durumda karbon, hızla ekolojik döngüsünden ayrılıp, çok daha yavaş ilerleyen ve daha stabil biyokömür döngüsüne katılmaktadır (Lehmann, 2007).

Bu çalışmada; biyokömürün, kavak budama artığı, pamuk hasat artığı, okaliptüs ve zeytinyağı fabrikası atıklarından biri olan pirina kullanılarak 400-500 °C sıcaklıkta geleneksel yollarla üretimine ve son ürünlerin fiziksel ve kimyasal karakterizasyonuna yer verilmiştir. Biyokömür üretimi amacıyla biyokütle seçimi gerçekleştirilirken atık yönetimi kapsamında fayda sağlaması beklenen biyokütle kaynakları seçilmiştir. Fitoremediasyonda kullanılan okaliptüs ağaçlarının remediasyon sonrası kullanımına bir örnek olması adına okaliptüs ağaçları; kavak budama artıklarının kullanımı adına kavak odunu; pamuk hasatı sonrası taze olarak toprağa karıştırılması ile kolaylıkla ayrışıp toprakların organik karbon havuzuna kalıcı bir katkı sağlayamayacak hasat artıklarının daha stabil bir karbon yapısı ile toprağa karıştırılması ve sonuçlarını değerlendirmek adına bu atıklar ve piroliz ile hali hazırda zaten bir atık olan pirinadan biyokömür üretimi ve karakterizasyonu ile kullanım olanaklarını araştırmak üzere seçim yapılmıştır.

Üretilen dört ayrı biyokömür ile dört ayrı doz (0-10-20-40 t/ha) üzerinden saksı denemesi (mısır bitkisi yetiştirilmek üzere) kurulmuş, deneme sonunda, toprak özelliklerinin biyokömür etkisi altındaki değişimi ve mısır bitkisinin bazı morfolojik özellikleri incelenmiştir.

Ayrıca, bu çalışma kapsamında zeytinyağı fabrikalarında pirinanın yanında bir başka zeytinyağı üretim atığı olan, bertarafında ve depolanmasında zorluklarla karşılaşılan zeytin karasuyun da pirina biyokömürüyle (Pİ-BK) birlikte kullanımına

ilişkin topyekün bir atık yönetim stratejisini ortaya koyabilmek adına yalnızca biyokömür uygulamalarının yapıldığı ilk denemeden ayrı bir deneme kurulmuştur. Proje materyallerinin elde edildiği bu zeytinyağı fabrikası üç fazlı zeytinyağı ekstraksiyonu yapmaktadır. Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü ve Ege Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü işbirliği ile yürütülen, TÜBİTAK destekli bir proje kapsamında ileri düzeyde arıtımı gerçekleştirilen zeytin karasuyu kullanılmıştır. Zeytin karasuyu topraklara iki farklı dozda ($50 \text{ m}^3/\text{ha}$ ve $100 \text{ m}^3/\text{ha}$) ve bu dozlar üzerinden iki farklı dozda pirina biyokömürü (Pİ-BK) ($50 \text{ m}^3/\text{ha} + 10 \text{ t}/\text{ha}$ Pİ-BK, $50 \text{ m}^3/\text{ha} + 20 \text{ t}/\text{ha}$ Pİ-BK, $100 \text{ m}^3/\text{ha} + 10 \text{ t}/\text{ha}$ Pİ-BK, $100 \text{ m}^3/\text{ha} + 20 \text{ t}/\text{ha}$ Pİ-BK) ile birlikte verilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprakların organik madde miktarını artırmak amacıyla hayvan gübresi, kompost, yeşil gübreler ve diğer organik yapıdaki materyaller toprağa uygulanabilmektedir. Ancak bu organik materyaller yarı-kurak ve kurak iklim koşullarında kısa sürede ayrışmakta ve CO₂ salınımını artırmaktadır. (Fearnside, 2000). Bu nedenle bu iklim koşullarında atmosfere daha az CO₂ verecek, stabil organik karbon içeriği yüksek, kömürleştirilmiş biyokütlenin kullanımı önem kazanmaktadır.

Küresel düzeyde, çevresel kaygılarla biyokömür konusu üzerinden yürütülen araştırmalar ve biyokömüre ilişkin gelişmeler yeni bir durum olsa da bazı bölgelerde biyokömür üretimi ve hatta biyokömüre ilişkin bilimsel çalışmalar hiç de yeni değildir. Trimble 1851'de, yaşadığı birçok çiftlikte mangal kömürü tozlarının vejetasyonu artırdığını ve gelişimini hızlandığını gözlemlendiğinden bahsetmiştir. Biyokömüre ilişkin ilk araştırmalar, fide yetiştiriciliği (Retan, 1915) ve toprak kimyası (Tyron, 1948) üzerine olmuştur. Japonya'da ise biyokömür araştırmaları seksenli yılların başında önemli derecede yoğunlaşmıştır (Kishimoto ve Sugiura, 1980) Daha uzak geçmişte, Justus Liebig Çin'de gözlemlediği bir uygulamada, atık biyokömürlerin kömürleştirilip gübre olarak kullanıldığını belirtmiştir (Liebig, 1878). Bütün bu çalışmalar ve gözlemlere rağmen, biyokömüre ilişkin küresel ilgi ancak son on yılda ortaya çıkmıştır.

Birçok organik materyalden elde edilen biyokömür, dünyada ve ülkemizde fiziksel ve kimyasal özellikleri yönünden birçok araştırmada incelenmiştir. Bunun yanında bitki ve toprak üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Chan ve arkadaşları (2007b) toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimin uygulanan biyokömür tipine bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Bu bağlamda biyokömür uygulamaları üzerinden değerlendirme yapılırken biyokömürün elde edildiği materyalin, piroliz sıcaklığı ve tipinin (hızlı piroliz, yavaş piroliz ya da gazifikasyon) belirtilmesi önem teşkil etmektedir.

Kimyasal açıdan biyokömürün ne olduğuna ilişkin açıklama getirmek, piroliz sonucu ortaya çıkan son ürünün isminin ne olduğunun bildirilmesinden çok daha

zordur. Tarımsal amaçlar ile topraklara uygulanmak üzere termal ayrışması (piroliz yolu ile) gerçekleştirilen herhangi bir biyokütle, biyokömür olarak adlandırılabilirken, ortaya çıkan biyokömür için temel kimyasal özellikler dahi büyük çeşitlilik gösterecektir. Bu durumun asıl sebebi, geniş bir çeşitlilik sergileyen biyokütle kavramının yapısına ilişkin tek bir karakterizasyondan bahsedilememesi olduğu gibi, bunun yanında üretim koşullarının, son ürünün kimyasal ve fiziksel yapısına da önemli etkileri bulunmaktadır. Biyokömürün tanımlayıcı özelliği ise ancak organik kısmının sahip olduğu yüksek karbon (C) içeriğidir. Bu içerik genel olarak, oksijen ve hidrojen atomları kullanmadan birbirine bağlanan, altı C içeren aromatik halkalardan oluşmaktadır. Bu aromatik halkaların üst üste düzgün yığınlar halinde gözlendiği şartlarda son ürün, grafit olarak adlandırılmaktadır. Biyokömürün oluşturulduğu sıcaklıklarda ise grafit oluşumu, grafit içeriğini dikkate değer seviyeye çıkartabilmek için yeterli değildir. Aksine çok daha düzensiz, O ve H atomları barındırabildiği gibi, üretilen materyale bağlı olarak başka mineraller de içerebilen C dizgeleri ortaya çıkmaktadır. Bu karmaşık ve çeşitlilik gösteren yapılarından dolayı günümüze kadar, biyokömür tipi materyallere dair tam bir karakterizasyondan uzak durulmuştur (Schmidt ve Noack, 2000).

Bahse konu olan bu karakterizasyon zorluğu göz önünde bulundurularak, bu çalışmada biyokömüre dönüştürülmek üzere seçilen ana materyale benzer ve yakın sıcaklıklarda piroliz işlemleri sonucu ortaya çıkan biyokömürlerin karakterizasyonuna ilişkin çalışmalardan bahsedilecektir. Örneklere başlamak gerekirse, Rondon ve arkadaşları (2007), yaptıkları çalışmada, *Eucalyptus deglupta*'dan 350 °C'de piroliz yoluyla ürettikleri biyokömürün; pH değerinin 7,0; C içeriğinin 824 g/kg ve azot (N) ile fosfor (P) içeriğinin sırasıyla, 5,73 ve 0,6 g/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Pastor-Villegas ve arkadaşları (2006) okaliptüs ağacından elde edilen biyokömürün, diğer odunlardan elde edilenlere göre daha yüksek stabil karbon içeriği ve poroziteye sahip olduğunu saptamışlardır.

Chan ve arkadaşları (2007) ise, yine 450 °C sıcaklıkta pirolize uğrayan yeşil artıklardan elde ettikleri biyokömürün 1,7 g/kg N ve 680 g/kg C içerdiğini belirtmişlerdir. Tsai ve ark. (2006) bu kez 500 °C sıcaklıkta, çeltik samanından biyokömür üretmişlerdir. Sonuçta, bu biyokömürün 13,2 g/kg N ve 490 g/kg C

içerdiği belirlenmiştir. Gundale ve Deluca (2006), yaptıkları çalışmada, 350 °C’de pirolizi gerçekleştirilen köknar odunundan elde edilen biyokömürün pH değerinin 4, katyon değişim kapasitesinin ise 20 cmol/g olduğunu belirtmişlerdir.

Ana materyalin biyokömür üzerindeki etkinliğine ilişkin bir örnek olarak, özellikle, arıtma çamuru ve deri artıklarından elde edilen biyokömürlerin ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olduğu, yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır (Muralidhara, 1982; Bridle ve Pritchard, 2004).

Ana materyale ve üretim şartlarına bağlı olmakla birlikte biyokömürlerin genellikle % 95’in üzerinde mikrogözenek barındırdığı ortaya konulmuştur (Tseng ve Tseng, 2006). Pastor Villegas ve arkadaşları (2006), farklı odunlardan elde edilen biyokömürlerin hacim ağırlıklarının 0.30 – 0.43 g/cm³ aralığında değiştiğini belirlemişlerdir.

Hızlı, yavaş ve kısıtlı oksijen varlığında gerçekleşen biyokömür üretim teknikleri incelendiğinde bu seçeneklerin en önemli etkisinin ana materyal ağırlığı ile son materyalin ağırlığının oranlanması ile ortaya konulan biyokömür verimine etki ettiği gözlenmektedir. En yüksek biyokömür veriminin % 35 ile yavaş pirolizde gerçekleştiği, bunu % 12 ile hızlı pirolizin ve ardından % 10 biyokömür verimi ile gazifikasyonun yer aldığı bildirilmektedir (LCIC, 2012)

Farklı çalışmalarda üretilen biyokömürlerin pH değerleri ve elementel yükleri ile üretim sıcaklıklarına ilişkin bir derleme Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Farklı materyallerden elde edilen biyokömürlerin pH değerleri ve elementel içerikleri

Biyokömür Kaynağı	pH	C (%)	N (%)	Toplam P (%)	Alınabilir P (mg/kg)	Toplam K (%)	Üretim Koşulları	Literatür
Odun	-	70,8	1,09	0,68	-	0,09	Yerel Çiftçiler	Lehmann ve ark., 2003b
Yeşil Atık	6,2	68	0,17	0,02	15	0,1	450 °C	Chan ve ark., 2007
Tavuk Gübresi	9,9	38	2	2,52	11600	2,21	450 °C	Chan ve ark., 2007
Aritma Çamuru	-	47	6,4	5,6	-	-	450 °C	Bridle ve ark., 2004
Bilinmiyor	9,6	90,5	5,64	0,27	-	5,1	Bilinmiyor	Topoliantz ve ark., 2005
Tavuk Gübresi	-	25,8	0,75	4,8	-	3,0	700 °C ve Buharlama	Lima ve Marshall, 2005
Tavuk Gübresi (Kek)	-	17,2	0,6	7,3	-	5,8	700 °C ve Buharlama	Lima ve Marshall, 2005
Akasya Ağacı Kabuğu	7,4	39,8	1,04	-	31	-	260 – 360 °C	Yamato ve Ark., 2006
Çeltik Samanı	-	49	1,32	-	-	-	500 °C	Tsai ve ark., 2006
Şeker Kamışı Küspesi	-	71	1,77	-	-	-	500 °C	Tsai ve ark., 2006
Hindistan Cevizi Kabuğu	-	69	0,94	-	-	-	500 °C	Tsai ve ark., 2006
Mallee Ağacı	8,4	34	1,2	0,12	-	0,7	“Moki” yöntemiyle	Blackwell ve ark., 2007
Soya Fasulyesi Keki	-	59	7,82	-	-	-	550 °C	Uzun ve ark., 2006
Okalıptüs	7,0	82,4	0,57	0,06	49,5	-	350 °C	Rondon ve ark., 2007
<i>Minimum</i>	6,2	17,2	0,17	0,02	15	0,1		
<i>Maksimum</i>	9,6	90,5	7,82	7,3	11600	5,8		
<i>Ortalama</i>	8,1	54,3	2,23	2,37		2,43		
<i>Varyasyon Katsayısı (%)</i>	18	40	110	118	-	96		

Genel olarak topraklara biyokömür uygulanmasının birkaç tarımsal yararı birlikte getirdiği söylenebilir. Bunların başında yüksek sorbsiyon kapasitesi ve

yüzey akış ya da yer altı sularına karışma ile bitki besin elementi kayıplarının azalması gelmektedir (Laird, 2008). Bunun yanında, biyokömürün fizikokimyasal özellikleri dolayısıyla bir toprak düzenleyicisi olarak kullanılmasına ilişkin çalışmalar da son on yılda önem kazanmıştır. Bu çalışmalar biyokömür uygulaması ile toprak su tutumunda artış, bitki besin elementlerinin daha etkin kullanımı, daha gelişmiş toprak verimliliği ve yüksek bitkisel üretime ilişkin sonuçlar ortaya koymuştur (Krull ve ark., 2009; Lehmann ve ark. 2006, Glaser ve ark., 2002).

Gaskin ve arkadaşları (2010) yaptıkları çalışmada, çam ağacı talaşı ve yarfıstığı kabuklarından elde edilen biyokömür uygulamaları ile mısır verimindeki değişikliğe ilişkin bazı sonuçlar ortaya koymuştur: Bazı koşullarda (22 t/ha yarfıstığı kabuğu biyokömürü ve çam talaşına ilişkin her uygulama dozunda) verimde düşüş gözlemlenmiştir. Buna rağmen son değerlendirmede biyokömürün verime etkisinin beklenildiğinden düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu örnekte olduğu gibi Chan ve arkadaşları da (2007) yaptıkları çalışmada 10 t/ha yeşil atık biyokömürünün verimde düşümlere sebep olduğunu fakat N gübresi ile birlikte verildiğinde artışa sebep olduğunu gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada toprakların alınabilir Na, Ca, Mg ve P içeriklerinin de arttığı belirtilmiştir.

Rodríguez ve arkadaşları (2009) asidik topraklarda yaptıkları bir çalışmada, biyokömür ilave edilmiş topraklarda mısır bitkilerinin uzunluğu 40 gün içerisinde 53,4 cm'ye ulaşmışken, 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. Yine bitki morfolojisinin incelendiği bir çalışmada, Prendergast-Miller ve arkadaşları (2011), biyokömürün 20 t/ha dozunda uygulanması sonucu, mısır kök uzunluğu yoğunluğunu (kök uzunluğu/toprak hacmi) 6.88 mg/cm³ değerinden 7.55 mg/cm³'e çıkardığını belirlemişlerdir.

Son çalışmalar biyokömürün özellikle organik maddesi hızlı bir şekilde ayrışan tropik iklim kuşağında önemli bir toprak düzenleyicisi rolü oynayabileceğini söylemektedir (Steiner ve ark., 2007; Major ve ark., 2010; Petter ve ark., 2012). Bu tahmin aynı zamanda, biyokömür uygulamalarının verime etkisinin temelde toprağın katyon değişim kapasitesi ve organik karbon içeriği ile

ilişkili olduğunu ileri süren Crane-Droech ve arkadaşları tarafından (2013) yapılan meta-regresyon analizinin sonuçlarıyla da uyuşmaktadır. Bu bağlamda, düşük organik karbon içeriği ve düşük katyon değişim kapasitesi sergileyen toprakların biyokömür uygulaması sonucu bitkisel üretimde gelişim göstermeye yatkın olduğu belirtilmiştir. Buna rağmen, genel anlamda da biyokömür çalışmaları üzerinden yürütülen meta-analiz sonucu genellikle bitki veriminde pozitif yönde bir değişim olduğu ortaya konmuştur (farklı biyokömür tiplerinin kullanımıyla yaklaşık %10 verim artışı) (Jeffery ve ark., 2011; Biederman ve Harpole, 2013; Liu ve ark., 2013). Ancak bu sonuçların direkt olarak tarla koşullarında işleyeceğini varsaymak pek doğru olmayacaktır. Çünkü biyokömür çalışmaları çoğunlukla kısa dönemler içerisinde ve kontrollü iklim koşullarında gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında Jeffery ve arkadaşları (2011) ile Liu ve arkadaşlarının (2013) gerçekleştirdiği iki ayrı meta analiz de biyokömür uygulamalarının kuru tarım bitkileri altında asit tepkimeli ve kum bünyeli topraklarında daha iyi sonuç verdiğini ortaya koymaktadır.

Bütün bu çalışmalar ışığında bu projedeki amaçlardan biri de pirina ve pamuk hasat artışı gibi piroliz sonrası mısır yetiştiriciliğinde kullanımına ilişkin literatür bulunmayan materyaller hakkında da bir karakterizasyon ortaya koymaktır. Önceki çalışmalardan açıkça anlaşılmaktadır ki farklı kullanım dozu ve kullanım amaçları ile biyokömürün toprak ve bitki üzerindeki etkileri de farklılık göstermekte ve kullanılacak biyokütle ile üretim tekniğine ilişkin tercihin de bu doğrultuda yapılması gerekmektedir.

Pirina biyokömürü ya da biyokömür ve zeytin karasuyun birlikte uygulandığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma ile zeytin karasuyun teksel olarak uygulanmasının yanında, biyokömür ile birlikte uygulandığı bir deneme kurulmuştur. Zeytin karasuyun teksel uygulamalarına ilişkin çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar içerisinde zeytin karasuyun karakterizasyonuna ilişkin verilerin değişiklik göstermesi, zeytinyağının üretim koşulları ve zeytinin özellikleri üzerinden zeytin karasuyun da farklı kimyasal özelliklere ve elementel içeriğe sahip olabileceğini göstermektedir. Farklı çalışmalarda kullanılan zeytin karasuyuna ilişkin bazı özellikler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Farklı çalışmalarda kullanılan zeytin karasularının bazı özellikleri

	a	b	c	d	e	f	g	h
pH	4,80	4,93	4,8	-	5,17	5,00	4,20	5,00
EC (dS/cm)	12	7,3	-	10	5,5	-	7,0	-
Org. Mad. (g/l)	57,4	-	62,1	-	46,5	57,2	-	-
Toplam N (g/l)	0,76	0,62	0,79	-	0,63	0,86	2,1	-
P2O5 (g/l)	0,53	-	-	-	0,31	0,61	0,7	0,7
K2O (g/l)	2,37	-	-	2,9	4,46	-	3,5	10,8
Na (g/l)	0,3	-	-	0,2	0,11	-	-	0,42
Ca (g/l)	0,27	-	-	0,2	0,3	-	-	0,64
Mg (mg/l)	44	-	-	92	129	-	-	220
Fe	120	-	-	18,3	68,5	-	-	120
Cu	6	-	-	2,1	1,5	-	-	3
Mn	12	-	-	1,5	1,1	-	-	6
Zn	12	-	-	2,4	4,1	-	-	6
Polifenol (g/l)	10,7	0,98	3,8	-	1,6	-	7,8	-

a) Vlyssides ve ark., 2004; b) Filidei ve ark., 2003; c) Aktaş ve ark.2001; d) Piperidou ve ark., 2000; e) Parades ve ark., 1999; f) Vlyssides ve ark., 1996; g) Saviozzi ve ark., 1991; h) Moreno ve ark., 1987

Zeytin karasuyun topraklara arıtılmadan uygulanması sonucu taşıdığı yüksek organik yük ve fenolik bileşiklerin toprakta olumsuz sonuçlar doğurması beklenmektedir.

Zeytinyağı üretimi gerçekleştiren başlıca ülkeler İspanya (%36), İtalya (%27), Yunanistan (%15), Tunus (%6), Suriye (%6) ve Türkiye'dir (%4) (FAOSTAT, 2011). Bu ülkelerde yılda yaklaşık 30 milyon m³ zeytin karasuyu, zeytinyağı ekstraksiyonu sonucu ortaya çıkmaktadır (Casa ve ark., 2003). Ülkemizde de yağlık zeytin üretimi 2006 ila 2010 yılları arasında % 100'lük bir artışla 1.200.000 tona, zeytinyağı tüketimi de 2003–2010 yılları arasında % 113 artışla 98.000 tona ulaşmıştır (UZK, 2010). Bu veriler ışığında, ortaya çıkan yüksek miktarda zeytin karasuyu ve pirininin atık yönetim sistemlerinde kendilerine nasıl bir yer bulabilecekleri ve bu atıkların sürdürülebilir bir çevre yönetimi kapsamında değerlendirilebilir hale gelmesi gereklidir.

Arıtılmamış zeytin karasuyun tarım toprakları açısından en büyük tehlikesi yüksek organik yükü ve fitotoksik ve antibakteriyal özelliklere sahip fenol içeriğidir. Bununla beraber diğer endüstriyel atık sulardan farklı olarak zeytin

karasuyu sadece zeytin meyvesine ait bileşenler ile sudan oluşmakta ve herhangi bir sentetik madde içermemektedir. Ayrıca zeytin karasuyun organik madde, azot, fosfor, potasyum ve magnezyumca zengin olması nedeniyle belli düzeyde bir artımdan geçtikten sonra yararlı bir gübre veya toprak ıslah maddesi özelliği kazanabilme potansiyeli bulunmaktadır (Tsagaraki ve ark., 2007).

Magdich ve arkadaşları (2013), üç fazlı bir zeytinyağı işletmesinden elde ettiği zeytin karasuyunu 50, 100, 200 m³/ha/yıl dozlarında topraklara uygulamışlar ve toprakların organik madde, potasyum ve toplam azot oranlarında olumlu artışlar gözlemlemişlerdir. Bunun yanında, topraklarda Ca ve Mg katyonlarında yükselme gözlenirken, elektriksel iletkenlik değerleri de Na iyonu ile birlikte artış göstermiştir.

El Hassani ve arkadaşları (2010), zeytin karasuyunun uygulama dozu ve yetiştirilen bitkiye göre farklı verimlilik seviyeleri ortaya çıkardığını göstermiştir. Hanifi ve Al Hadrami'nin (2008) mısır bitkisiyle kullandığı artırılmış zeytin karasuyu (ilk yıl 40 m³/ha, ikinci yıl 30 m³/ha) çalışmasında, mısır dane ağırlığının %28 arttığını göstermiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Biyokömür ve zeytin karasuyu + biyokömür denemelerinde Sancia tatlı mısır çeşidi (*Zea mays l.*) tohumları kullanılmıştır. Tohum materyali Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden temin edilmiştir. Denemelerde kullanılan kumlu tın bünyeli toprak, Ege Üniversitesi Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliği'nden alınmıştır. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çalışma kapsamında üretilecek biyokömlerin eldesi için, Ege Üniversitesi Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim çiftliğinden temin edilen pamuk hasat artığı ve okalıptüs ile Turgutlu (Manisa) yöresinden elde edilen kavak budama artıkları kullanılmıştır. Pirina materyali, Çine'de (Aydın) bulunan bir zeytinyağı fabrikasından temin edilmiştir. Pirina biyokömürü ve zeytin karasuyu denemesinde kullanılan zeytin karasuyu, Aydın'ın Çine ilçesindeki üç fazlı zeytinyağı ekstraksiyonu yapan bir zeytinyağı fabrikasından alınmıştır. Bu zeytin karasuyun ileri arıtımı Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Zeytin karasuyun bazı kimyasal özellikleri ve elementel bileşimi Çizelge 3.1'te verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan toprağın bazı özellikleri

pH	7,67			(mg/kg)	
EC (μS/cm)	198,2			P	12,24
				K⁺	546,82
Bünye	% Kum	48	Kumlu Tın	Na⁺	53,33
	% Mil	41		Ca⁺⁺	3080
	% Kil	11		Mg⁺⁺	567,7
Organik Madde (%)	2,71			Fe	3,44
Kireç (%)	4,36			Cu	0,696
N (%)	0,892			Mn	12,6
				Zn	4,03

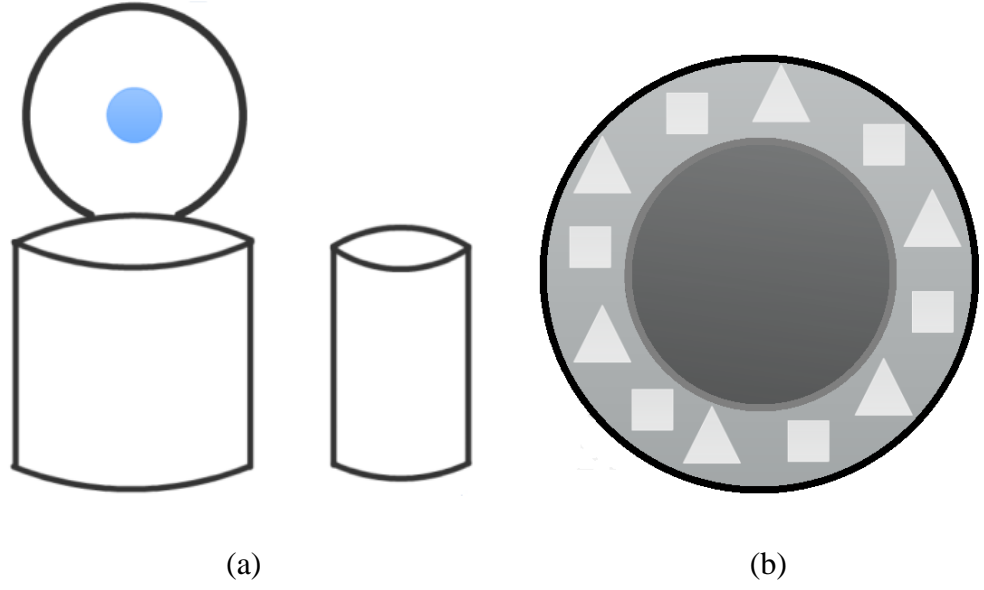
Çizelge 3.2. Zeytin karasuyu-biyokömür denemesinde kullanılan zeytin karasuyun bazı kimyasal özellikleri ve elementel içeriği

pH	4,44	Na⁺ (mg/l)	324,73
EC (dS/cm)	13,63	Mg⁺⁺ (mg/l)	321,64
Organik Mad. (%)	3,16	Fe (mg/l)	72,04
N (mg/l)	170	Mn (mg/l)	3,49
P (mg/l)	326,29	Cu (mg/l)	0,17
K⁺ (mg/l)	5114,29	Zn (mg/l)	2,22
Ca⁺⁺ (mg/l)	223,21		

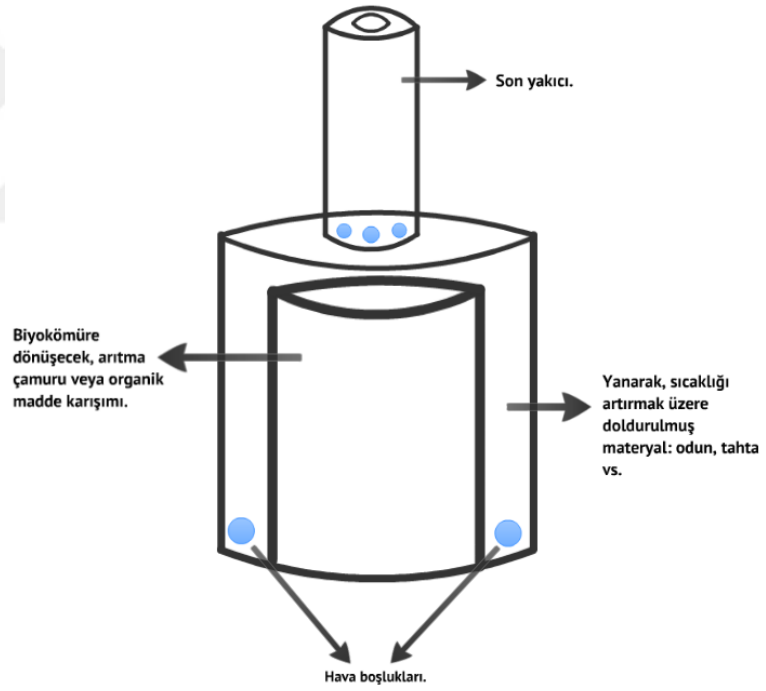
3.2. Yöntem

3.2.1. Biyokömür üretimi

Biyokömür üretimi çift varil (double barrel) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Çift varil yöntemine göre, büyük bir varilin içerisine kendisinden çap olarak daha küçük bir varil biyokütle (biyokömüre dönüştürülmek üzere) ile doldurulmuş şekilde ters kapatılır. İki varil arasındaki boşlukta, piroliz için gerekli sıcaklığa ulaşmayı sağlayacak yakıtlar (çam odunu, çalılık, budama atığı vs.) bulunmaktadır. Bu boşlukta tutuşturulan yakıt, içteki varilde kısıtlı oksijen varlığında gerçekleşecek pirolizi sağlar. İç varilin tabanından yalnızca dışa doğru gaz sızması gerçekleşirken, yakıtın tutuştuğu bölgede oluşan basınç sebebiyle oksijen girişi gerçekleşmez. Sistem iki varili de kapatacak bir büyük kapak ve uçucu gazların parçalanması için daha uzun süre sıcaklık sağlayan bir bacadan oluşur (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1. Biyokömür üretim varillerinin genel görünümü (a) ve üstten görünüm (b)



Şekil 3.2. Biyokömür üretim düzeneği

Denemede biyokömür üretimi için kullanılan düzeneğin Şekil 3.3 ve 3.4'te sunulmuştur.



Şekil 3.3 ve 3.4. Çift varil metoduyla biyokömür üretiminde kullanılan düzenek.



Şekil 3.5. Çalışmada üretilen biyokömürler

Çalışmada 450-500 °C aralığında piroliz gerçekleştirilmiştir. Uygun sıcaklığı sağlamak için, önce deneme yakımları yapılmış ve ölçümler sonucu, uygun

sıcaklığı sağlayacak miktarda yakıt(çam odunu ve zeytinlik alanından toplanan organik atıklar) tespit edilerek, bu miktarda yakıt ile piroliz gerçekleştirilmiştir. Pirina dışındaki biyokütle kaynakları parçalara ayrılarak içteki varile yerleştirilmiş ve dıştaki varil ile arasındaki boşlukta yakım işlemi yapılmıştır. Pirina ise parçalanmadan, direkt olarak içteki varile doldurulmuş ve aynı işlemler tekrarlanmıştır. Üretilen biyokömür örnekleri Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

3.2.2. Denemelerin kurulması ve yönetimi

Denemelerde kullanılacak biyokömürler parçalanıp, 1 mm'lik elekten elenmiştir. Elek altında kalan biyokömürler denemede kullanıma hazır hale gelmiştir.

Biyokömür denemesi için yetiştirme ortamları, mısır bitkilerinin yetiştirileceği her saksıda 5 kg toprak ile kavak, okaliptüs, pamuk ve pirina biyokömürlerinin 0-10-20-40 t/ha dozlarının oransal olarak karıştırılmaları ile hazırlanmış ve tesadüf parselleri deneme desenine göre, 3 tekrar olmak üzere her saksıda 3 bitki yetiştirilecek şekilde saksı denemesi kurulmuştur. Denemede biyokömür uygulaması dışında, kontrol saksıları dahil her toprağa 15 kg/da N, 12 kg/da K₂O ve 8 kg/da P₂O₅ uygulaması yapılmıştır. Gübrelemede, mısır bitkisinin vejetasyon süresince gereksinim duyacağı bitki besin elementi miktarı üzerinden potasyum nitrat (13-0-46), monoamonyum fosfat (12-52-0) ve üre (46-0-0) gübreleri kullanılmıştır.

Kısmen iki bölüm halinde gerçekleştirilen çalışmanın ikinci bölümü zeytin karasuyu-biyokömür denemesidir. Bu deneme için gerekli biyokömür uygulamaları ilk denemede uygulandığı gibi gerçekleştirilmiş, zeytin karasuyu uygulamaları ise ekimden önce saksılara 50 ve 100 m³/ha dozunda zeytin karasuyu verilerek yapılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlı olarak kurulmuş ve takip eden uygulama konuları çalışılmıştır:

1. 0 t/ha ZK (Zeytin Karasuyu) / Pİ-BK (Pirina Biyokömürü)
2. 50 m³/ha ZK
3. 50 m³/ha ZK + 10 t/ha Pİ-BK
4. 50 m³/ha ZK + 20 t/ha Pİ-BK
5. 100 m³/ha ZK
6. 100 m³/ha ZK + 10 t/ha Pİ-BK
7. 100 m³/ha ZK + 20 t/ha Pİ-BK

3.2.3. Biyokömür ve zeytin karasuyu örneklerinin analizinde kullanılan yöntemler

Üretimi gerçekleştirilen biyokömürler parçalanmış ve 1 mm çapındaki elekten elenerek analize hazır duruma getirilmiştir. Zeytin karasuyu uygulamada kullanıldığı gibi direkt olarak analize tabii tutulmuştur.

Biyokömürlerin pH ve elektriksel iletkenlik analizleri, 1:5 oranında biyokömür ve de-iyonize su solüsyonu ile çalkalandıktan sonra, pH-metre ve EC-metre ile değer okumaları yapılarak gerçekleştirilmiştir (Rayment ve Higgonson, 1992). Zeytin karasuyu örneklerinin ise uygulandığı form üzerinden direkt olarak pH-metre ve EC-metre cihazları kullanılarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Biyokömürlerin ve zeytin karasuyunun organik C içeriği modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemiyle belirlenmiştir (Jackson, 1967). Toplam N içerikleri ise Modifiye Makro Kjeldahl yöntemi (Bremner, 1965) uygulanarak belirlenmiştir. Biyokömürlerin toplam Na, Ca, K, Mg içerikleri, 2 g biyokömür örneğinin 500-550 °C'de kuru yakması yapıldıktan sonra, 1 N HCl solüsyonu içerisinde çözülen örneklerin Na, Ca, K değerlerinin fleymfotometrede, Mg değerlerinin ise atomik absorpsiyon spektrofotometrede (AAS) okunması ile belirlenmiştir. Zeytin karasuyu örnekleri için aynı süreç 2,5 ml zeytin karasuyunun HNO₃-HClO₄ (4:1) karışım asidiyle yaş yakılması sonrası yürütülmüştür (Kacar, 2009).

Biyokömürlerin toplam P içeriği, kuru yakması yapılan örnekler üzerinden vanadomolibdofosforik asit sarı renk yöntemiyle, zeytin karasuyunun toplam P içeriği

ise yaş yakma sonrası aynı yöntemle belirlenmiştir (Barton, 1948; Kitson ve Mellon, 1944).

Biyokömürlerin toplam Fe, Cu, Mn ve Zn değerleri kuru yakması gerçekleştirilen örnekler üzerinden AAS'de okunmuş, zeytin karasuyu için aynı ölçümler yaş yakma sonrası gerçekleştirilmiştir. Alınabilir mikroelement içerikleri ise DTPA+CaCl₂+TEA çözeltisi ile çalkalanıp süzülmesi sonucu atomik absorpsiyon spektrometrede okunarak belirlenmiştir (Lindsay and Norvell, 1978).

Biyokömürlerin hacim ağırlıkları 100 cm³ hacimli kaplara alınan örneklerin ağırlıkları üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.4 Toprak örneklerinin analizinde kullanılan yöntemler

Toprak örnekleri saksılardaki mısır bitkisinin hasadından sonra kurutulmuş ve hava kurusu nem düzeyindeyken 2 mm çapındaki elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneklerinin pH ve EC değerleri, sature hale getirilmiş macun kıvamındaki toprakta direkt olarak pH-metre ve EC-metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1967). Örneklerin toplam azot miktarları Modifiye Makro Kjeldahl yöntemi (Bremner, 1965) uygulanarak belirlenmiştir. Toprakların organik madde içerikleri Modifiye Walkley-Black yöntemine göre saptanmıştır (Jackson, 1967).

Toprakların alınabilir Na, K, Ca, Mg değerleri, pH değeri 7 olan 1 N NH₄OAc ile çalkalanarak elde edilen süzüklerde Na, K, Ca değerlerini fleymfotometrede, Mg değerleri ise atomik absorpsiyon spektrofotometresinde tayin edilmiştir (Pratt, 1965). Toprak örneklerinin alınabilir fosfor miktarları Olsen (1982) yöntemine göre kolorimetrik olarak tayin edilmiştir. Alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn konsantrasyonları, DTPA+CaCl₂+TEA çözeltisi ile çalkalanıp süzülmesi sonucu atomik absorpsiyon spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Lindsay and Norvell, 1978).

3.2.5. Bitkilerin morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Deneme kurulduktan 60 gün sonra, mısır bitkisinin püskül bağlaması beklenmeden yaprak sayısı, bitki boyu, yüzde kuru madde değerlerinin hesaplanması amacıyla bitki yaş ağırlığı ve 65 °C sıcaklıkta kurutularak kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Bitki boyu ölçümü, bitkinin toprakla birleştiği nokta ile bitkinin uç noktası arasındaki farkın ölçümü şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bitkilerin tüm yaprakları sayılarak yaprak sayısı belirlenmiştir (Hasanuzzaman ve ark., 2013).

3.2.6. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde uygulanan istatistiksel yöntemler

Çalışmada elde edilen veriler TARİST programı ile değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasındaki farkı irdelemek için % 5 düzeyinde Asgari Önemli Fark (LSD) çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Açıkgöz, 1993).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA – BİYOKÖMÜR DENEMESİ

4.1. Çift Varil Yöntemiyle Üretilen Biyokömürlerin Karakterizasyonu

4.1.1. Çift varil yöntemiyle üretilen biyokömürlerin pH ve elektriki iletkenlik değerleri

Kısıtlı oksijen varlığında gerçekleştirilen piroliz ile elde edilen biyokömürlerin pH ve elektriki iletkenlik değerleri (EC) Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemede kullanılan biyokömürlerin pH ve elektriki iletkenlik değerleri

Biyokömür	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (1:5)
Kavak	9,19	524
Okaliptüs	6,65	520
Pamuk Hasat Artığı	9,78	3980
Pirina	9,54	1350

Analizler sonucunda, okaliptüs biyokömürünün 6,65 pH değeri ile hafif asit (pH 6-6,7) tepkimeye sahip olduğu belirlenmiştir. Kavak, pamuk hasat artığı ve pirina biyokömürlerinin ise çok kuvvetli alkali (pH >9) tepkimeye gösterdiği belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada Rondon ve arkadaşları (2007) da, *Eucalyptus deglupta* biyokömürünün pH değerini 7.0 olarak belirlemişlerdir. Chan ve arkadaşları (2007) yeşil atıklardan ürettikleri biyokömürün pH değerininin 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 (Lehmann, 2007b). Bu anlamda biyokömür nitelikleri açısından, üretilen dört biyokömür de pH düzeyleri bakımından önerilen referans değerlere göre toprak düzenleyicisi olarak kullanıma uygundur.

Biyokömürlerin elektriki iletkenlik değerlerine bakıldığında, kavak ve okaliptüs kökenli biyokömürlerin tuzluluk göstermediği saptanırken; pirina biyokömürü çok az tuzlu, pamuk hasat artığı ise orta tuzlu olarak sınıflandırılabilir. Daha önce yapılan çalışmalarda, kavak ya da okaliptüs gibi birçok odun biyokömürünün, elektriki iletkenliğinin 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerinin altında olduğu

bildirilmiştir (Lehmann, 2007b). Bagreev ve arkadaşları (2001) da artan üretim sıcaklığı ile hem pH hem de elektriki iletkenlik değerlerinin arttığını gözlemlemiştir.

4.1.2. Çift varil yöntemiyle üretilen biyokömürlerin toplam makro (N, P, K, Na, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Mn, Cu, Zn) bitki besin elementi içerikleri

Kavak, okaliptüs, pamuk hasat artığı ve pirina biyokömürlerinin makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Denemelerde kullanılan biyokömürlerin toplam makro ve mikro besin elementi içerikleri

Elementler	Kavak	Okaliptüs	Pamuk Hasat Artığı	Pirina
N (%)	0,67	0,81	1,51	1,09
P (mg/kg)	1001,75	476,50	1108,75	1117,25
K (%)	0,90	0,64	2,79	1,58
Na (mg/kg)	193,75	450,00	2425,00	625,00
Ca (%)	2,84	4,04	2,12	2,52
Mg (mg/kg)	3301,88	2445,20	3396,22	2924,52
Fe (mg/kg)	153,75	189,75	306,87	311,25
Mn (mg/kg)	30,91	42,63	26,33	36,51
Cu (mg/kg)	15,33	7,58	9,80	16,48
Zn (mg/kg)	177,25	73,25	57,00	112,88

Üretimi gerçekleştirilen biyokömürler arasında en yüksek toplam N içeriği (% 1,51) pamuk hasat artığı biyokömüründe saptanmıştır, en düşük değer (% 0,67) ise kavak biyokömüründe gözlenmiştir. Biyokömürlerin % N içerikleri yine üretim şartları ve ana materyalden etkilenebilmektedir, Lehmann’a göre (2007b), bu içerikler % 0,18 ile % 5,64 arasında değişmektedir. Benzer çalışmalardan yapılan bir derleme sonucu, biyokömürlerin toplam K içeriklerinin de % 0,1 ve % 5.8

arasında değiştiği saptanmıştır (Bknz: Çizelge 2.1). Diğer bir çalışmada, kavak odunundan üretilen biyokömürün toplam K içeriği % 1 bulunurken, N içeriği % 1,4 olarak bulunmuştur. Aynı biyokömürün P içeriği ise % 0,4 olarak saptanmıştır (Massimo ve ark., 2010). Azotta olduğu gibi, biyokömürlerin fosfor ve potasyum içeriği açısından da en yüksek değerler yine pamuk hasat artığı ve pirina biyokmrlerinde gözlenirken; Na içeriklerinin yüksek oluşu da, bu iki biyokömürün diğerlerine göre daha yüksek olan elektriki iletkenliklerini açıklamanın bir yolu olabilir.

Hossain ve arkadaşlarına göre (2007) 500 C'nin altındaki sıcaklıklarda üretilen biyokömürlerin N, P ve K içerikleri alınabilir formda olmak üzere biyokömür üzerinde birikmektedir. Bu durum N, P ve K içerikleri bakımından biyokömürlerin toprak düzenleyicisi olarak kullanımına yönelik bir avantaj oluşurmaktadır.

Daha önce atık odun parçaları kullanılarak üretilen bir biyokömürün % 13 kalsiyum içerdiği bildirilmişken; bu değer zeytin çekirdeği için % 9,7; badem kabuğu için % 8; eltik kavuzu için % 0,18; Hindistan cevizi kabuğu için % 0,15 olarak belirlenmiştir (Raveendran ve ark., 1995). Bu çalışmada da diğer elementler için olduğu gibi Ca içerikleri de çeşitlilik göstermektedir.

Mikro element içerikleri açısından biyokömürler arasında en yüksek demir elementi içerenler, pamuk hasat artığı ve pirina biyokömürleri olarak saptanmıştır. Mangan içeriği açısından okaliptüs ve pirina biyokömürleri sırasıyla en yüksek içeriğe sahiptir. Pirina ve kavak biyokömürleri sırasıyla en yüksek bakır içeriğine sahipken; çinko içeriği de yine kavak ve pirina biyokmrlerinde daha yüksektir. Neary ve arkadaşları (1999), mangan, kalsiyum ve demir elementlerinin piroliz işlemi sırasında volatilizasyonunun ancak 1000 C ve üstü sıcaklıklarda gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bu durum demir elementi için de benzerlik göstermektedir.

Raveendran ve arkadaşları (1995) yaptıkları bir çalışmada, pirina biyokömürünün toplam demir içeriğini 130 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada pirina biyokömürünün toplam P içeriği ise 280 mg/kg olarak

bulunmuştur. Bu yönüyle, bu projede üretilen pirina biyokömürünün daha fazla bitki besin elementi içerdiği söylenebilir.

Mikro elementlerin DTPA ile ekstrakte edilebilir miktarları ise Çizelge 4.3'te verilmiştir. Sonuçlara göre, biyokömürlerin toplam mikro element içeriklerinin, artan azalan dengesi göz önüne alındığında alınabilir mikro element içerikleri ile uyum içinde olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.3. Biyokömürlerin alınabilir mikro element içerikleri

Biyokömür	Fe	Cu	Mn	Zn
	mg/kg			
Kavak	2,27	0,52	2,64	1,78
Okaliptüs	3,44	1,08	4,34	25,22
Pamuk Hasat Artığı	3,64	0,74	3,06	5,45
Pirina	4,98	1,16	3,92	3,39

4.1.3. Çift varil yöntemiyle elde edilen biyokömürlerin organik madde, organik karbon ve hacim ağırlık değerleri

Biyokömürlere ait organik madde ve organik karbon içerikleri ile hacim ağırlık değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Denemede kullanılan biyokömürlerin organik madde, organik karbon ve hacim ağırlık değerleri

Biyokömür	Organik Madde (%)	Organik Karbon (%)	Hacim Ağırlık (g/cm ³)
Kavak	90,25	52,35	0,32
Okaliptüs	86,75	50,32	0,34
P.H.A.	85,25	49,45	0,15
Pirina	87,75	50,90	0,33

P.H.A.: Pamuk hasat artığı

Biyokömürlerin organik madde üzerinden hesaplanan organik karbon sonuçlarına göre, kavak biyokömürünün içerdiği karbon miktarı diğer biyokömürlerden yüksek çıkmıştır. Bu durum, biyokütle olarak kullanılan kavağın doğal yapısında içerdiği karbon miktarının da doğası gereği (yüksek selüloz ve lignin içeriği dolayısıyla) diğerlerinden yüksek oluşu ile açıklanabilir. Uluslararası Biyokömür Girişimi'ne göre (2010) organik karbon içeriği % 30-60 aralığında olan biyokömürler B sınıfı biyokömürler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu durumda, çalışmada üretilen tüm biyokömürler B sınıfı olarak sınıflandırılabilir. Fernandes ve arkadaşları (2003) da yaptıkları bir çalışmada, odun biyokömürü, bezelye bitkisi sapı ve anız yakım artıklarından ürettiği biyokömürlerin organik karbon içeriğini sırasıyla %54, %43 ve %44 olarak saptamıştır. Trompowsky ve arkadaşları (2005) da oksijensiz ortamda gerçekleştirdikleri piroliz sonucu *Eucalyptus saligna* bitkisinin organik karbon içeriğini, 450 °C'de % 80,6; 500 °C'de % 88,6 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmadaki ve diğer çalışmalardaki sonuçlar arasındaki farklılık, bu çalışmadaki biyokömürlerin kısıtlı oksijen varlığı altında üretilmesi ile açıklanabilir. Oksijensiz ortamda ise yakım sırasında çok daha az karbon, oksijenin de dahil olduğu bir kompleks oluşturmakta ve biyokömür yapısında kalmaktadır. Bunun yanında pirolizin toplam süresi ve ne sıklıkla piroliz sıcaklığının artırıldığı gibi faktörler de biyokömürlerin organik karbon içeriklerinde farklılıklara sebep olmaktadır.

Daha önce bahsedilen, Pastor Villegas ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, geleneksel yollarla ürettikleri çeşitli odunların biyokömürlerinin hacim ağırlıklarının 0.30 g/cm³ ve 0.43 g/cm³ arasında değiştiğini belirtmiştir. Bu değerler de çalışmadaki sonuçlar ile uyumluluk göstermektedir. Bu sınırlar dışında yalnız pamuk hasat artığı en düşük hacim ağırlık değerine sahip olarak (0,15 g/cm³), odun biyokömürlerinden ve pirinadan ayrılmaktadır.

4.2. Biyokömür Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri

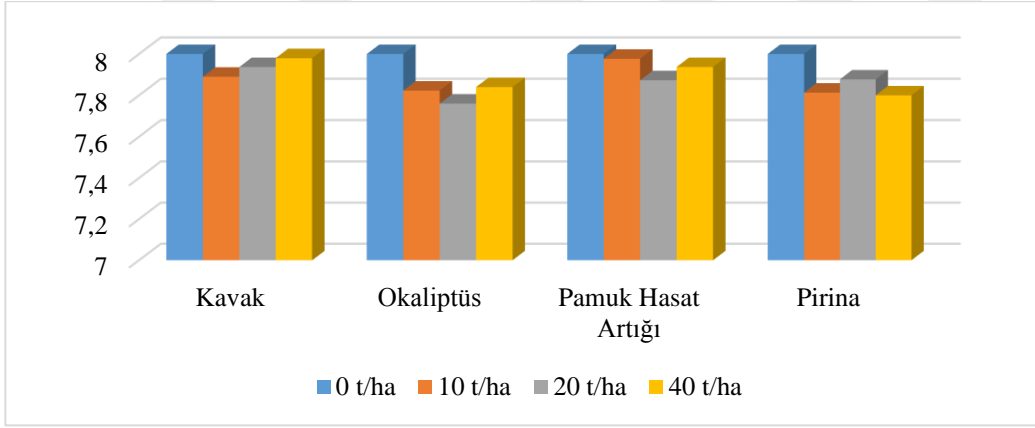
4.2.1. Biyokömür uygulamalarının toprağın pH ve elektriksel iletkenlik değerleri üzerine etkileri

Biyokömür uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkileri Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.1'de iki farklı şekilde sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Biyokömür uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	7,95 a	8,0 a A	7,89 ab B	7,93 a AB	7,98 a AB
Okaliptüs	7,85 b	8,0 A	7,82 b B	7,76 b B	7,84 b B
P.H.A.	7,94 a	8,0 A	7,97 a AB	7,87 a B	7,93 ab AB
Pirina	7,87 b	8,0 A	7,81 b B	7,87 a B	7,80 bc B

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı



Şekil 4.1. Biyokömür uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkileri

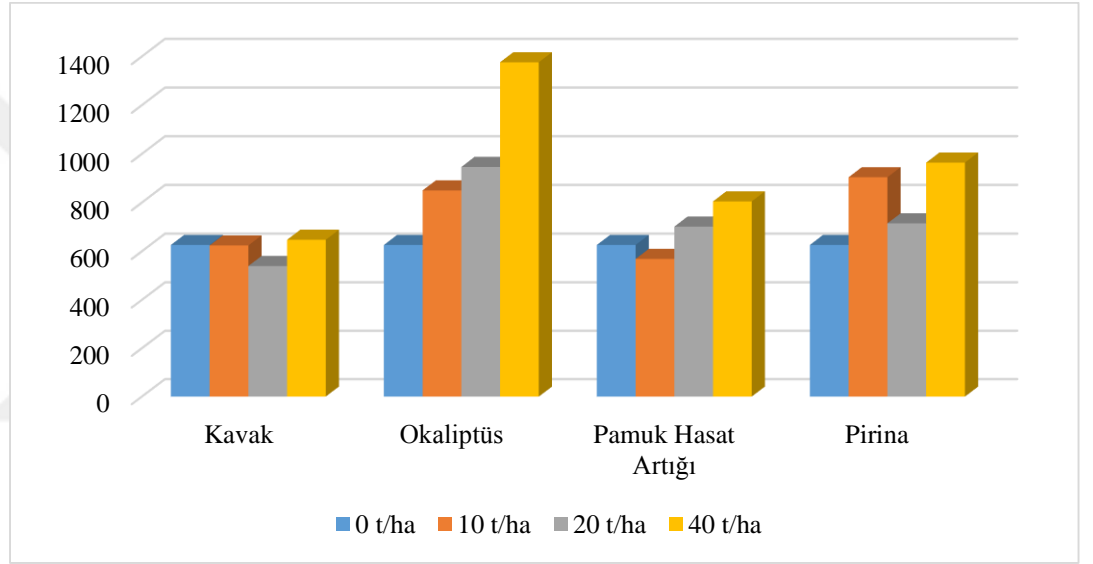
Biyokömür, her doz ve uygulama için toprakların pH değeri üzerine istatistiki olarak %5 önem düzeyinde etkili bulunmuş ve kontrol saksılarına kıyasla düşüşe neden olmuştur. Kontrole göre en yüksek düşüş, pH değeri de diğer biyokömürlerden düşük olan okaliptüs uygulamasının 20 t/ha dozunda gözlenmiştir. 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 okaliptüs biyokömürünün uygulandığı topraklar olarak belirlenmiştir.

Biyokömür uygulamalarının toprakların elektriki iletkenlik değeri üzerine etkileri Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.2'de iki farklı şekilde sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Biyokömür uygulamalarının toprakların elektriki iletkenlik değeri ($\mu\text{S}/\text{cm}$) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	609,25 c	626,00 a A	624,00 ab A	539,66b A	647,33 b A
Okalıptüs	949,58 a	626,00 C	850,00 ab B	946,33 ab B	1376 a A
P.H.A.	675,25 b	626,00 A	568,66 b A	701,33 ab A	805,00 b A
Pirina	802,25 ab	626,00 B	904 a A	714,66 b AB	964,33 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı



Şekil 4.2. Biyokömür Uygulamalarının Toprakların EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) Değerleri Üzerine Etkileri

İstatistiki değerlendirme sonucu, en düşük elektriki iletkenlik gösteren topraklar kavak biyokömürü uygulaması altındaki topraklar olarak belirlenmiştir. En yüksek tuzluluk değeri ise okalıptüs biyokömürü uygulaması altında gözlenmiştir. Kavak ve pamuk hasat artışı biyokömürlerinin herhangi bir dozunda kontrole göre önemli bir artış gözlenmemiştir. Bu durum kavak biyokömürünün düşük elektriki iletkenliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra boşluklu yapı ve düşük hacim ağırlığı ($0,15 \text{ g}/\text{cm}^3$) gösteren pamuk hasat artışı biyokömürünün fiziksel özelliklerine uygun olarak beklenebilecek yüksek katyon adsorbsiyon yeteneğinin bir sonucu olabilir (Thomas ve ark., 2013).

Bunun yanında uygulanan biyokömürlerin sonucu olarak toprakların elektriksel iletkenlik değerlerine ilişkin genel ortalamaları dikkate alındığında bitkisel üretime zarar verecek düzeyde bir sonuçla karşılaşılmamıştır.

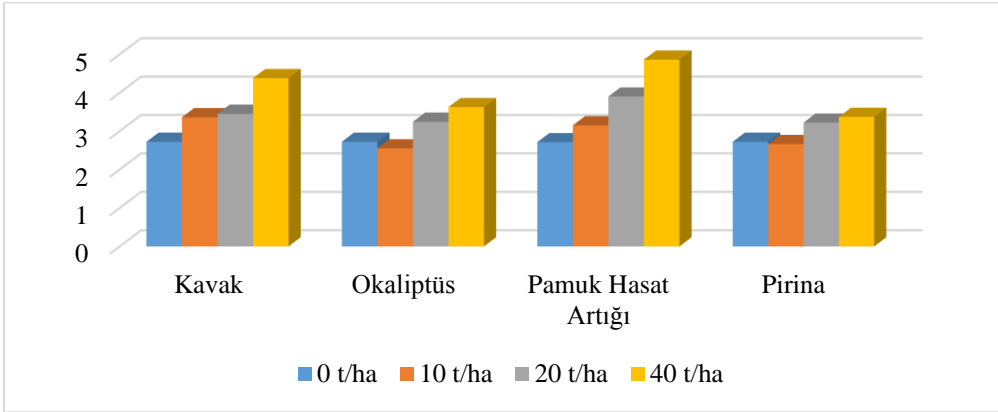
4.2.2. Biyokömür uygulamalarının toprağın organik madde içeriği üzerine etkileri

Biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.3'te iki ayrı şekilde sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde içeriği üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	3,47 a	2,72 a C	3,36 a B	3,44 ab B	4,37 a A
Okaliptüs	3,03 b	2,72 B	2,54 c B	3,24 b A	3,62 b A
P.H.A.	3,65 a	2,72 C	3,15 ab C	3,90 a B	4,86 a A
Pirina	2,99 b	2,72 B	2,66 b C	3,22 b AB	3,37 ab A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı



Şekil 4.3. Biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde içeriği (%) üzerine etkileri

Dört biyokömür uygulamasının genel değerlendirmesi sonucu, her uygulamaya ait ortalamaların toprakların organik madde içeriklerinde en yüksek değer pamuk hasat artışı biyokömürü uygulamalarında gözlenmiştir. Yüksek organik karbon içeriği ile biyokömür, toprak organik maddesinin artırılmasında

önemli bir materyal olarak göze çarpmaktadır. Deneme sonunda kontrole göre en yüksek artış ve organik madde içeriği % 4,86 ile 40 t/ha pamuk hasat artışı biyokömürü uygulaması altındaki topraklarda saptanmıştır. Her farklı biyokömür uygulaması için en yüksek organik madde içeriği 40 t/ha biyokömür uygulaması altındaki topraklarda saptanmıştır. Biyokömür uygulamalarının toprak organik maddesi üzerindeki etkisi, biyokömürlerin %80'in üzerinde organik madde içeriğine sahip oluşu ile de uyumluluk göstermektedir. Bu yönü ile ülkemiz gibi tarım topraklarındaki organik madde yüzdesi çok düşük olan topraklarımıza biyokömür uygulaması yapmak bu yönde büyük yarar sağlayacaktır.

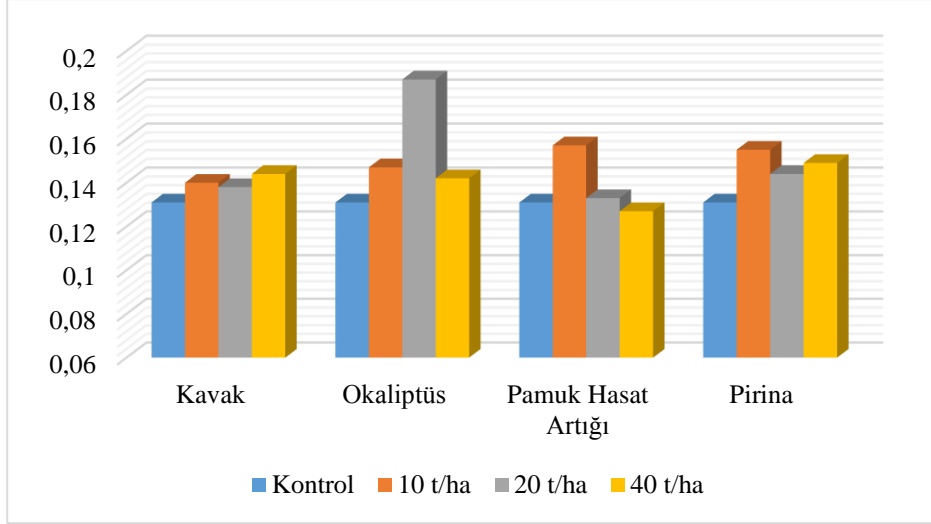
4.2.3. Biyokömür uygulamalarının toprağın makro bitki besin elementi (toplam N, alınabilir P, K, Na, Ca, Mg) içeriği üzerine etkileri

Biyokömür uygulamalarının toprağın N, P, K, Na, Ca, Mg içerikleri üzerine etkileri sırasıyla Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'de verilmiştir. Ek olarak, toprakların toplam N, alınabilir P ve K değerleri sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da grafikler halinde sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Biyokömür uygulamalarının toprakların toplam azot içerikleri (%) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	0,138 ab	0,131 a A	0,140 a A	0,138 b A	0,144 a A
Okalıptüs	0,151 a	0,131 B	0,147 a B	0,187 a A	0,142 a B
P.H.A.	0,136 b	0,131 AB	0,157 a A	0,133 b AB	0,127 a B
Pirina	0,144 ab	0,131 A	0,155 a A	0,144 b A	0,149 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı



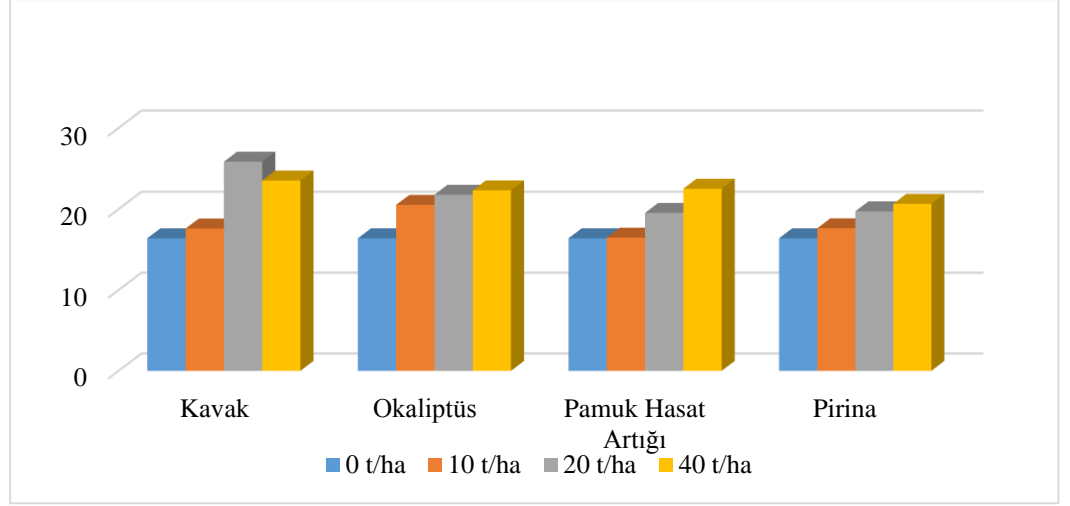
Şekil 4.4. Biyokömür uygulamalarının toprakların toplam azot içeriğine (%) etkisi

Biyokömür uygulamalarının genel değerlendirmesi sonucu, kontrol saksılarına ait toprakların toplam azot içeriği ortalaması % 0,131 iken, en yüksek ortalama azot içeriği %0,151 olmak üzere okaliptüs biyokömürü uygulamalarında ve onu takiben %0,144 ile pirina biyokömürü uygulamasında saptanmıştır. Buna rağmen pirina ve kavak biyokömürlerinin herhangi bir dozu kontrole göre istatistiki önemde bir artış sağlamamıştır. 20 t/ha okaliptüs biyokömürü uygulanan topraklarda en yüksek toplam azot içeriği olan % 0,187 değerine ulaşılmıştır. Pamuk hasat artığı biyokömürünün ise özellikle 10 t/ha dozunda uygulanması istatistiki önemde bir artış sağlamıştır. Genel olarak farklı biyokömürlerin uygulanan toprakların toplam azot içerikleri üzerine olumsuz bir etkisi söz konusu değildir.

Çizelge 4.9. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir fosfor içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	20,84 a	16,40 a B	17,60 a B	25,84a A	23,52 a A
Okaliptüs	20,25 ab	16,40 B	20,52 a A	21,77 ab A	22,30 a A
P.H.A.	18,73 b	16,40 B	16,48 a B	19,53 b AB	22,50 a A
Pirina	18,60 b	16,40 B	17,64 a AB	19,72 b AB	20,65 a A

Düsey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artığı



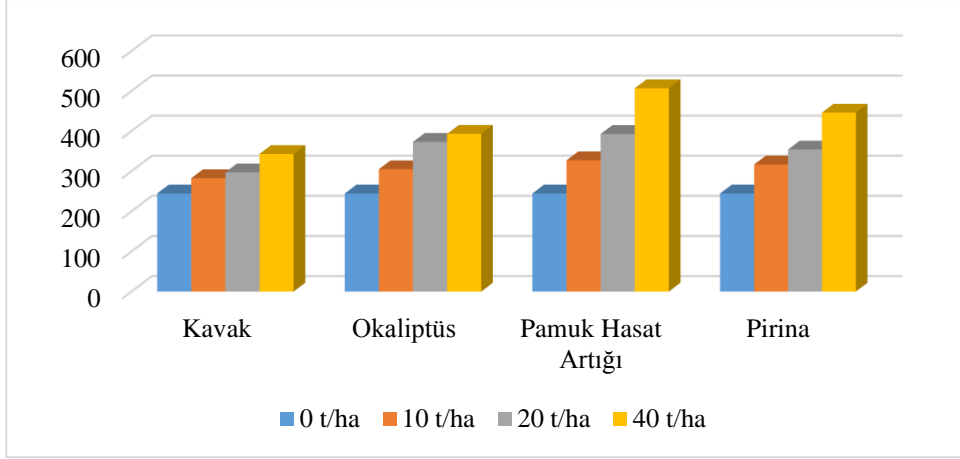
Şekil 4.5. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir P içeriğine (mg/kg) etkisi

Uygulamaların genel değerlendirmesi sonucu en yüksek fosfor içeriğine sahip topraklar, 20,84 ppm alınabilir fosfor ile kavak biyokömürü uygulaması altındaki topraklar olarak belirlenmiştir. Bunun yanında en yüksek fosfor içeriği yine, 20 t/ha kavak biyokömürü uygulaması altındaki topraklarda saptanmıştır. Her çeşit biyokömür için, biyokömür uygulamaları altındaki toprakların alınabilir fosfor içeriği kontrole göre artış göstermiştir. Nelson ve arkadaşları (2011) yaptıkları bir çalışmada, biyokömür uygulamasının fosfor gübrelemesi altında, alınabilir fosfor içeriğini 5,4 mg/kg artırdığını tespit etmişlerdir. Zhai ve arkadaşları (2014), % 8 oranında biyokömür uygulaması yapılan topraklarda Olsen yöntemine göre belirlenen ekstrakte edilebilir fosfor içeriğinin 3 mg/kg değerinden 46 mg/kg değerine çıkabildiğini gözlemlemişlerdir. Bu yönüyle biyokömürün topraktaki alınabilir fosfor miktarını artırabileceği yönünde bir veri daha ortaya konmuştur.

Çizelge 4.10. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir potasyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	291,56 c	244,28 a B	282,36 a B	296,81 b AB	342,78 c A
Okaliptüs	328,78 b	244,28 C	304,69 a B	372,98 a A	393,18 bc A
P.H.A.	367,73 a	244,28 D	327,02 a C	392,68 a B	506,94 a A
Pirina	340,14 b	244,28 C	316,51 a B	353,78 a B	445,98 b A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı



Şekil 4.6. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir potasyum (mg/kg) içeriklerine etkisi

Biyokömür uygulamalarının genel değerlendirilmesi sonucu, en yüksek ortalama alınabilir potasyum içeriği, 367,73 mg/kg olmak üzere pamuk hasat artığı biyokömürü uygulanan topraklarda gözlenmiştir.

Her bir uygulama çeşidine ait ortalama alınabilir potasyum değerleri kontrole göre artış göstermiştir. Bunun yanısıra, uygulama dozu arttıkça alınabilir potasyum içeriğinin de buna paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Uygulamalar sonucu, en yüksek alınabilir potasyum içeriği, 40 t/ha pamuk hasat artığı biyokömürü uygulaması altında 506,94 mg/kg olarak gözlenmiştir. Kloss ve arkadaşları (2014) da kurdukları saksı denemesinde, topraklara buğday samanı ve ağaç kabuklarından ürettikleri biyokömürleri uygulamışlar, alınabilir potasyum içeriğinin biyokömür uygulaması ile arttığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.11. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir sodyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	67,45 b	68,10 a A	69,38 a A	68,10 b A	64,24 b A
Okaliptüs	78,70 a	68,10 B	73,24 a B	98,93 a A	74,52 ab B
P.H.A.	76,13 ab	68,10 A	74,52 a A	74,52 b A	87,37 a A
Pirina	77,73 a	68,10 B	75,81 a AB	74,52 b AB	92,51 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artığı

Uygulamaların genel değerlendirmesi sonucu, en yüksek alınabilir sodyum içeriği, 78,70 mg/kg sodyum içeriği ile pamuk hasat artığı biyokömürü uygulamaları altındaki topraklarda saptanmıştır. Bunun yanında, kavak ve pamuk hasat artığı biyoköürleri uygulamaları teksel olarak incelendiğinde, sodyum içeriğinde istatistiki derecede önemli bir artış gözlenmemiştir. En yüksek sodyum içeriği ise 92,51 mg/kg ile, 40 t/ha pirina biyokömürü uygulamasında gözlenmiştir. Topraklarda fazlaca bulunması istenmeyen bir element olan sodyum içeriğinin yüksek olmaması biyokömür kullanımı bakımından olumlu bir özelliktir.

Çizelge 4.12. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir kalsiyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	5604,1 a	5541,6 a A	5541,6 a A	5708,3 a A	5625,0 ab A
Okalıptüs	5572,9 a	5541,6 A	5500,0 a A	5708,3 a A	5541,6 b A
P.H.A.	5614,5 a	5541,6 A	5666,6 a A	5583,3 a A	5666,6 ab A
Pirina	5656,2 a	5541,6 B	5583,3 a AB	5666,6 a AB	5833,3 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artığı

Uygulamaların genel değerlendirmesi sonucu en yüksek alınabilir kalsiyum içeriği, 5656,2 mg/kg değeri ile pirina biyokömürü uygulamaları altındaki topraklarda tespit edilmiştir.

Toprakların alınabilir kalsiyum içerikleri, pirina biyokömürü dışında, kontrole göre istatistiki derecede önemli bir artış göstermemiştir. En yüksek kalsiyum içeren topraklar, yine 40 t/ha pirina biyokömürü uygulaması altında saptanmıştır.

Çizelge 4.13. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir magnezyum içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	424,4 a	427,6 a A	424,3 a A	419,5 a A	426,4 a A
Okalıptüs	426,5 a	427,6 A	433,6 a A	423,0 a A	421,6 a A
P.H.A.	421,9 a	427,6 A	423,9 a A	415,9 a A	420,4 a A
Pirina	427,2 a	427,6 A	425,5 a A	431,2 a A	424,4 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artığı

Biyokömür uygulamaları toprakların alınabilir magnezyum içerikleri üzerinde istatistiki öneme sahip bir değişime yol açmamıştır.

4.2.4. Biyokömür uygulamalarının toprağın mikro bitki besin elementi (alınabilir Fe, Mn, Cu, Zn) içeriği üzerine etkileri

Biyokömür uygulamalarının toprağın alınabilir Fe, Mn, Cu ve Zn içerikleri üzerine etkileri sırasıyla Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir demir içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	3,94 a	3,76 a B	5,19 a A	4,22 a B	2,58 a C
Okaliptüs	3,01 b	3,76 A	3,37 b A	2,33 c B	2,57 a B
P.H.A.	3,06 b	3,76 A	3,86 b A	2,63 bc B	1,98 a B
Pirina	3,00 b	3,76 A	2,66 c B	3,05 b B	2,54 a B

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı

Uygulamaların genel değerlendirmesi sonucu, toprakların en yüksek alınabilir demir içeriği, 3,94 mg/kg ile kavak biyokömürü uygulaması altında saptanmıştır. Diğer biyokömür uygulamaları arasında alınabilir demir içeriği açısından istatistiki bir fark olmadığı gibi, kontrole göre düşüş gözlenmiştir.

En yüksek alınabilir demir içeriği sağlayan dozlar 10 t/ha ve 20 t/ha kavak biyokömürü uygulamaları olmakla birlikte sırasıyla 5,19 mg/kg ve 4,22 mg/kg olarak saptanmıştır. 10 t/ha pirina biyokömürü uygulaması hariç, biyokömürlerin ilk dozları istatistiki derecede önemli bir düşüşe yol açmamıştır.

Biyokömürlerin toprak içerisinde bulunduğu süre arttıkça yani toprağa uygulanan biyokömürler yaşlandıkça yapılarında bulunan pozitif yüklü değişim bölgeleri azalmakta ve negatif yüklü değişim bölgeleri ortaya çıkmaktadır (Cheng ve ark., 2008). Bu projede bitki besin elementleri açısından yalnız azot, fosfor ve potasyum gübrelemesi yapılmıştır. Bu elementlerin alınabilirlikleri de

biyokömürün değişim bölgelerine erişimi kolaylaştıran fosfor ve potasyum gübrelemesi sebebiyle artış göstermiştir denebilir. Bu durum, hem bahsi geçen elementlerin değişim kompleksi ve toprak çözeltisi ile değişimleri sırasında mikro elementlere kıyasla mevcut çalışma topraklarının pH koşullarından daha az etkilenmeleri, hem de düşük yük değerlikleri ile biyokömür tarafından kolaylıkla adsorbe edilebilmeleri sonucu alınımına hazır halde bulunmaları ile açıklanabilir. Fakat mikro element gübrelemesi yapılmayan bu topraklarda, mikro elementlerin yüksek yük değerlikleri sebebiyle biyokömürler tarafından daha güçlü adsorbe edilmeleri sonucu alınabilir miktarlarının azalması ya da artış göstermemesi beklenebilecek bir sonuçtur. Bunun yanı sıra, Ippolito ve arkadaşları da (2016) yaptıkları çalışmada alınabilir mikro element içeriklerinin biyokömürün uygulandığı ilk anda mikro element içeriklerinde artışa sebep olurken özellikle demir ve bakır elementleri için zamanla bir düşüş gözlenebileceğinden bahsetmektedir.

Çizelge 4.15. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir mangan içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	4,25 ab	4,10 a A	4,41 b A	4,42 a A	4,09 b A
Okalıptüs	4,61 a	4,10 B	5,36 a A	3,72 a B	5,24 a A
P.H.A.	4,07 c	4,10 A	4,25 b A	3,64 a A	4,28 b A
Pirina	3,88 c	4,10 A	3,89 b A	3,60 a A	3,90 b A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı

Biyokömür uygulamalarının genel değerlendirmesi sonucu en yüksek alınabilir mangan içeriği, 4,61 mg/kg ortalama ile okalıptüs biyokömürü uygulamalarında elde edilmiştir. Uygulama bazında teksel değerlendirme yapıldığında ise kavak, pamuk hasat artışı ve pirina biyokömürleri istatistiki düzeyde önemli bir değişime sebep olmamıştır. Okalıptüs biyokömürü uygulamalarının 10 t/ha ve 40 t/ha dozları ise sırasıyla 5,36 mg/kg ve 5,24 mg/kg alınabilir mangan içeriği ile kontrole göre artış sağlamıştır.

Çizelge 4.16. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir bakır içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	0,62 ab	0,63 a AB	0,67 a A	0,61 ab AB	0,57 b B
Okalıptüs	0,59 b	0,63 A	0,60 a A	0,57 b A	0,56 b A
P.H.A.	0,59 b	0,63 A	0,63 a A	0,57 b A	0,54 b A
Pirina	0,66 a	0,63 A	0,68 a A	0,67 a A	0,68 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı

Biyokömür uygulamalarının genel değerlendirmesi sonucu, en yüksek alınabilir bakır içeriği, ortalama 0,66 mg/kg ile pirina biyokömürü uygulaması altındaki topraklarda gözlenmiştir. Bunun yanı sıra biyokömür uygulamaları dozlar bazında tekssel incelendiğinde, kavak biyokömürü uygulaması dışında, kontrole göre toprakların alınabilir bakır içeriklerinde önemli bir istatistiki değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 4.17. Biyokömür uygulamalarının toprakların alınabilir çinko içerikleri (mg/kg) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	3,74 a	3,68 a A	3,89 a A	3,83 a A	3,55 a A
Okalıptüs	2,59 b	3,68 A	2,31 b B	2,19 b B	2,19 b B
P.H.A.	2,93 b	3,68 A	2,77 b B	2,58 b B	2,69 b B
Pirina	2,60 b	3,68 A	2,41 b B	2,09 b B	2,25 b B

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı

Uygulamaların genel değerlendirmesi sonucu, en yüksek alınabilir Zn içeriği, 3,74 mg/kg ile kavak biyokömürü uygulanan topraklarda saptanmıştır. Kavak biyokömürü, alınabilir çinko içeriği açısından kontrole göre önemli bir istatistiki fark yaratmazken, diğer biyokömür uygulamaları alınabilir çinko içeriğini az da olsa düşürmüştür.

4.3. Biyokömür uygulamalarının bitkinin morfolojik özellikleri üzerine etkileri

Biyokömür uygulamalarının bitki boyu, bitkiye ait yüzde kuru madde değeri ve yaprak sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Biyokömür uygulamalarının mısır bitkisinin boyu (cm) üzerine etkileri.

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	76,80 a	70,45 a B	92,70 ab A	63,71 a B	80,33 a AB
Okaliptüs	72,90 a	70,45 A	80,64 ab A	67,67 a A	72,83 a A
P.H.A.	69,90 a	70,45 A	75,28 b A	73,79 a A	60,10 a A
Pirina	77,44 a	70,45 B	97,99 a A	74,85 a B	66,45 a B

Düsey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı

Uygulamaların genel değerlendirmesi sonucu, en yüksek bitki boyu ortalaması pirina ve kavak biyokömürü uygulanan saksılarda sırasıyla, ortalama 77,44 cm ve 76,8 cm olmak üzere belirlenmiştir.

Kontrol saksılarına ait bitki boyu ortalaması, 70,45 cm iken, kavak biyokömürünün 10 t/ha ve 40 t/ha uygulandığı saksılarda sırasıyla 92,7 cm ve 80,33 cm bitki boyu ortalaması elde edilmiştir. 10 t/ha pirina biyokömürü uygulanan topraklarda ise 97,99 cm bitki boyu ortalaması ile kontrole göre önemli bir artış saptanmıştır. Bu iki uygulama dışındaki uygulamalar kontrole göre istatistiki derecede önemli bir değişime yol açmamıştır. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de sırasıyla 10 t/ha Kavak biyokömürü ve 10 t/ha pirina biyokömürü uygulamalarında yer alan en yüksek boy ortalamasına sahip bitkilerin kontrol saksılarıyla kıyaslandığı görüntüler sunulmuştur.



Şekil 4.7. Kontrol saksılarına (soldaki üç saksı) kıyasla 10 t/ha kavak biyokömürü uygulanmış saksılar.



Şekil 4.8. Kontrol saksılarına (soldaki üç saksı) kıyasla 10 t/ha pirina biyokömürü uygulanmış saksılar.

Çizelge 4.19. Biyokömür uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde içeriği (%) üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	17,68 ab	16,85 a A	17,99 a A	17,30 b A	18,61 a A
Okalıptüs	18,46 a	16,85 B	17,92 a AB	20,65 a A	18,42 a AB
P.H.A.	18,36 a	16,85 A	18,76 a A	19,43 ab A	18,41 a A
Pirina	16,76 b	16,85 A	16,57 a A	15,71 c A	17,92 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı

Biyokömür uygulamalarının genel değerlendirmesi sonucu, bitkilere ait en yüksek yüzde kuru madde içeriği ortalama % 18,46 olmak üzere okalıptüs biyokömürü uygulamaları sonucu elde edilmiştir. Kontrol saksılarının ortalama kuru madde içeriği % 16,85 değerine sahipken, 20 t/ha okalıptüs biyokömürü uygulaması sonucu % 20,65 olmak üzere en yüksek bitki kuru madde içeriğine ulaşılmıştır. Okalıptüs biyokömürünün 10 t/ha ve 40 t/ha dozları da yüzde kuru madde içeriğini kontrole göre önemli ölçüde artırmıştır.

Diğer biyokömür uygulamalarının kontrole göre istatistiki öneme sahip bir değişime neden olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.20. Biyokömür uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak sayısı üzerine etkileri

	Genel	Kontrol	10 t/ha	20 t/ha	40 t/ha
Kavak	11,4 c	11,1 a A	11,5 b A	11,3 c A	11,5 c A
Okalıptüs	11,8 b	11,1 C	11,4 b BC	12,1 ab AB	12,7 ab A
P.H.A.	11,6 bc	11,1 B	11,8 ab AB	11,5 bc AB	12,2 bc A
Pirina	12,3 a	11,1 C	12,4 a B	12,4 a B	13,2 a A

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı, yatay yöndeki büyük harfler dozlar arasındaki farklılığı göstermektedir(LSD: 0,05). P.H.A.: Pamuk hasat artışı

Biyokömür uygulamalarının genel değerlendirmesi sonucu, en yüksek ortalama yaprak sayısı, 12,3 yaprak ile pirina biyokömürü uygulanan saksılarda gözlenmiştir. Uygulamaların dozları arasında teksele değerlendirme yapıldığında, kavak biyokömürü uygulamasının kontrole göre istatistiki önemde bir değişime sebep olmadığı, diğer biyokömür uygulamalarının artan dozları ile birlikte yaprak sayısında da artışa neden olduğu gözlenmiştir. En yüksek yaprak sayısı ise 13,2 ve

12,7 yaprak olmak üzere sırasıyla 40 t/ha pirina ve okaliptüs biyokömürü uygulamalarında gözlenmiştir.

Biyokömürlerin verim üzerindeki etkilerinin çözümlenmesi, binlerce çeşit biyokömürün sergilediği, özellikle toprak içerisinde geç ayrışma özelliği ve henüz tam anlamıyla çözülememiş kimyasal yapısının topraklarla interaksiyonuna ilişkin çalışmaların daha önce de bahsedildiği gibi genellikle laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmesi gibi sebeplerle veri üretimine muhtaçtır. Bu veri üretimi ise ancak birçok farklı biyokömürün yine birçok farklı üretim şartlarında ortaya çıkarılması ve bu son ürünlerin karakterizasyonu ile bitkiler üzerindeki kısa ya da uzun dönemdeki etkilerinin ortaya konması ile mümkündür. Bilindiği gibi biyokömürlerin uzun dönemde sürdürülebilir toprak verimliliği sağlayabilmesi durumu büyük oranda ancak meta analizlerle ortaya konulmuşken, biyokömür kullanımında da ana motivasyonun bitki verimini artırmaktan öte toprakların bir karbon yutağı olarak kullanımı olduğunu unutmamak gerekir. Buna rağmen, bu çalışmada da görüldüğü gibi belirli biyokömür tiplerinin uygun toprak özellikleri ile birleşmesi halinde bitki gelişimini olumlu etkilediği, bazılarının herhangi bir etki göstermediği, bazılarının ise olumsuz sonuçlar doğurduğu birçok çalışma mevcuttur.

Hansen ve arkadaşlarının (2016), gazifikasyon yöntemiyle çam odunu ve buğday samanından ürettikleri biyokömürlerin kumlu tın bünyeli bir toprağa uygulanması ile bu uygulamaların arpa gelişimine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, odun biyokömürünün herhangi bir olumlu ya da olumsuz etki göstermediği gözlenmiştir. Aynı topraklara uygulanan buğday samanı biyokömürünün ise hem kök hem de gövde gelişimini artırdığı ortaya konmuştur.

Borchard ve arkadaşları da (2014), kayın odunun üretilen ticari bir yavaş piroliz biyokömürü (550 °C) ve hızlı piroliz biyokömürünün (450-500 °C) mısır bitkisi üzerindeki incelemiştir. Mısır bitkisi üretimi kumlu ve milli topraklarda gerçekleştirilmiştir. Sonuçta her iki çeşit biyokömürün de toplam üç yıllık vejetasyon sürecinde mısır bitkisi verimini olumsuz etkilediğini ortaya koymuşlardır. Bunun temel sebebinin ise biyokömürün sebep olduğu besin elementi dengesizliği ve azot immobilizasyonu olarak belirlemiştir. Buna

rağmen uygulanan stabil karbon miktarının da vejetasyon süresince sabit kaldığı belirlenmiştir.

Sonuçlar arasındaki çeşitliliğe örnek olması bakımından Zhang ve arkadaşları da 2016'da yaptıkları çalışmada, dengeli gübreleme ve yüksek miktarda gübreleme ile uyguladıkları biyokömürlerin yalnızca gübreleme uygulanan topraklara göre mısır bitkisi verimine etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada ise mısır bitkisi verimin özellikle dengeli gübreleme ve biyokömür uygulaması ile arttığı gözlenmiştir. Çalışmada, biyokömür uygulamalarının düşük karbon miktarına sahip topraklarda kullanımının sürdürülebilir toprak verimliliğinin sağlanması açısından önemli bir seçenek olabileceği belirtilmiştir.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA – ZEYTİN KARASUYU DENEMESİ

5.1. Zeytin Karasuyu (ZK) ve Pirina Biyokömürü (Pİ-BK) Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri

Çalışmanın bu bölümünde ilk bölümden farklı olarak zeytin ve zeytinyağı üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan zeytin karasuyu ve pirina biyokömürünün birlikte kullanılabilirliğini araştırmak amaçlanmıştır.

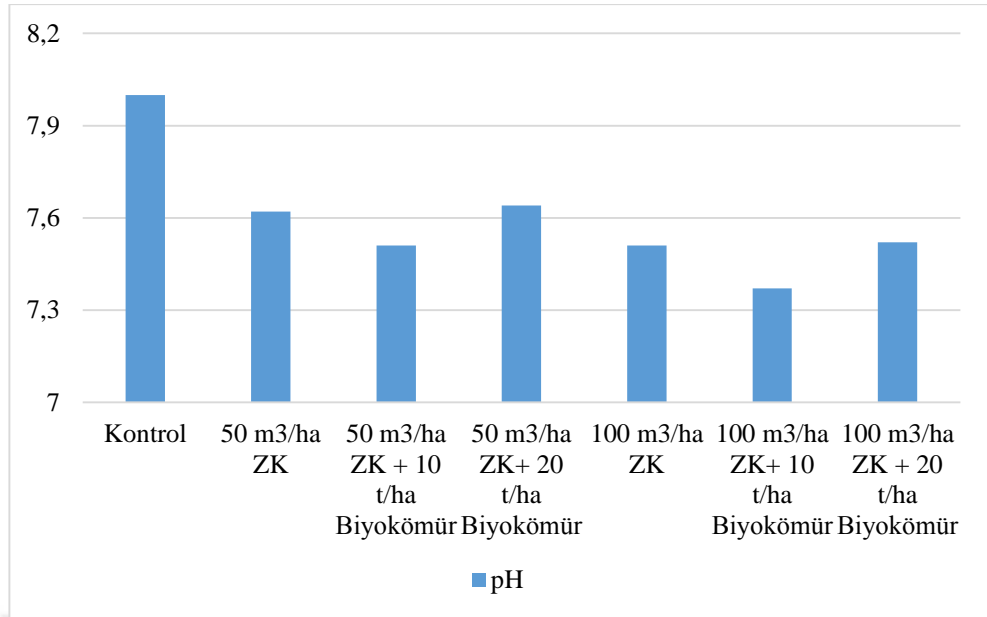
5.1.1 Toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine etkiler

Zeytin karasuyu ve onunla birlikte pirina biyokömürü uygulamalarının toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri Çizelge 5.1’de sunulmuştur. Bunun yanında bu temel kimyasal özelliklere ilişkin grafik gösterimi de Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’te verilmiştir.

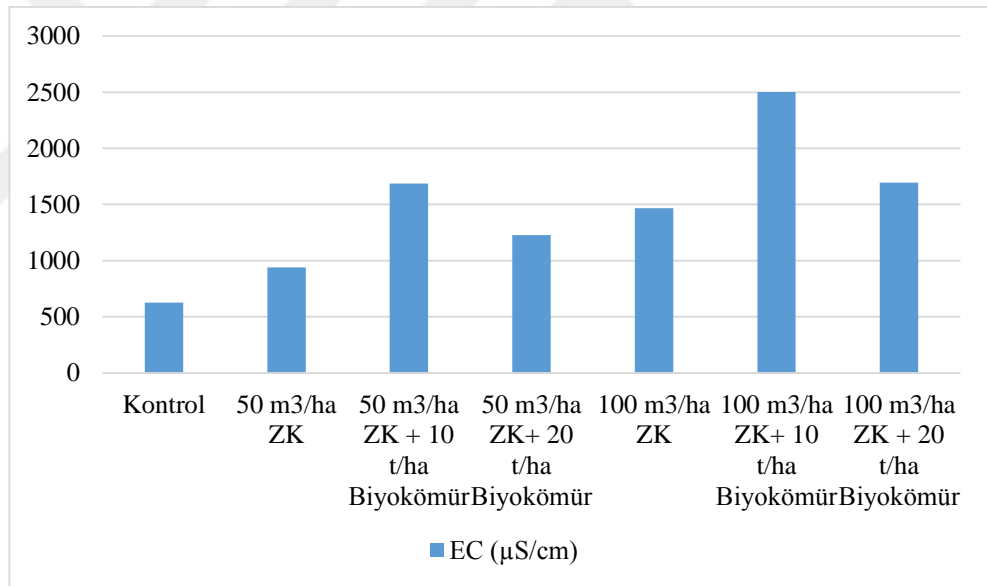
Çizelge 5.1. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri

	Uygulama	Toprak Özellikleri		
		pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Organik Madde (%)
1	Kontrol	8,00 a	626 c	2,72 b
2	50 m ³ /ha ZK	7,62 b	941 bc	2,82 ab
3	50 m ³ /ha ZK + 10 t/ha Biyokömür	7,51 bc	1688 ab	2,93 ab
4	50 m ³ /ha ZK+ 20 t/ha Biyokömür	7,64 b	1227 bc	3,27 a
5	100 m ³ /ha ZK	7,51 bc	1466 bc	2,66 b
6	100 m ³ /ha ZK+ 10 t/ha Biyokömür	7,37 c	2503 a	2,78 b
7	100 m ³ /ha ZK + 20 t/ha Biyokömür	7,52 bc	1695 ab	3,05 ab

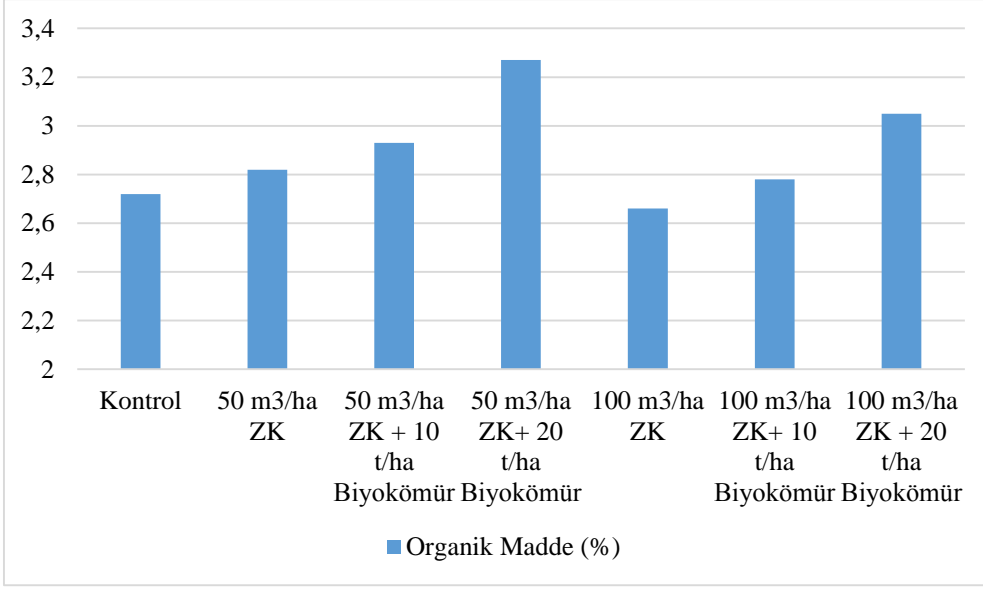
Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (LSD:0,05)



Şekil 5.1. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkisi



Şekil 5.2. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların elektriki iletkenlik değerleri üzerine etkisi



Şekil 5.3. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların organik madde içeriği (%) üzerine etkisi

Toprakların pH değerleri, zeytin karasuyu ve biyokömür uygulamalarının her birinde kontrole göre önemli derecede düşüş göstermiştir. Kontrol saksılarına göre (pH:8.0) en önemli düşüş, üst dozda zeytin karasuyu ve alt dozda Pİ-BK uygulanan 6 numaralı uygulama sonucu (pH:7,37) gerçekleşmiştir. Tüm uygulamalardaki bu düşüşlerin, 4,44 pH değerine sahip ileri artırılmış zeytin karasuyun bir etkisi olduğu ve buna ek olarak taşıdığı organik yükün ayrışması sonucu ortaya çıkabilecek organik asitlerin etkisi olduğu söylenebilir. 20 t/ha Pİ-BK uygulanmış toprakların (4 ve 7 numaralı uygulamalar), kendilerine uygulanan zeytin karasuyu dozuyla birlikte hiç Pİ-BK uygulanmamış ya da 10 t/ha Pİ-BK uygulanmış topraklardan daha yüksek pH değerine sahip olmaları, Pİ-BK'nın 9,78 gibi çok kuvvetli alkali bir tepkimeye sahip olmasıyla tampon görevi gördüğünü göstermektedir.

Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri incelendiğinde bu değerlerin pH değerleriyle benzer bir düzen sergilediği gözlenmektedir. 10 t/ha biyokömür ile uygulanan zeytin karasuyu dozlarının aynı miktarda zeytin karasuyu uygulanan diğer uygulamalardan önemli derecede yüksek tuzluluk gösterdiği belirlenmiştir. Bu anlamda, 10 t/ha Pİ-BK uygulamasının kendisi gibi yüksek bazik kation yüküne sahip ve elektriksel iletkenliği yüksek zeytin karasuyu ile birlikte uygulanması durumunda toprak çözeltisi içerisinde yetkin bir absorblama yeteneği sergilemeye

yeterli olmadığı, bunun yerine 20 t/ha Pİ-BK kullanımına yönelik uygulamaların tuzluluk tehlikesini tamponlama açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

Toprakların organik madde içerikleri aynı dozda zeytin karasuyu uygulanan şartlarda uygulanan biyokömür miktarı arttıkça, buna paralel olarak artış göstermiştir. Bunun yanında 2 numaralı uygulama sonucu kontrole göre istatistiki açıdan önemli bir artış gözlenirken, daha yüksek miktarda zeytin karasuyu uygulanan 5 nolu uygulamada bu artış gözlenmemiştir. 100 m³/ha düzeyinde zeytin karasuyu uygulamasının kendisiyle birlikte gelen organik yükten farklı olarak, organik maddenin dekompozisyonunu hızlandırdığı düşünülebilir. Bu düşünce, zeytin karasuyu uygulamasının arttığı 5-6-7 numaralı uygulamaların her birinin, alt dozda zeytin karasuyu uygulamalarının yapıldığı 2-3-4 numaralı biyokömür bazında paralel uygulamalardan daha düşük organik madde içermesi ile doğrulanabilir. Mekki ve arkadaşları (2009) da yaptıkları çalışmada, zeytin karasuyu uygulamasının organik maddenin ayrışmasını hızlandırdığını, arıtılmış zeytin karasuyu uygulamasının ise ham zeytin karasuya göre bu konuda üç kat daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Moraetis ve arkadaşlarının (2011) yaptıkları bir çalışmada da, 5 yıl boyunca mısır bitkisi yetiştirilen ve işlem görmüş zeytin karasuyu uygulanan toprakların organik karbon içeriklerinin referans toprağa göre düşüş gösterdiği ortaya konmuştur. Bu durum zeytin karasuyu uygulamasıyla, organik maddenin dekompozisyonundan sorumlu fungus, aktinomiset ve bakterilerin hızlı artışından kaynaklanmaktadır (Mekki ve ark., 2006).

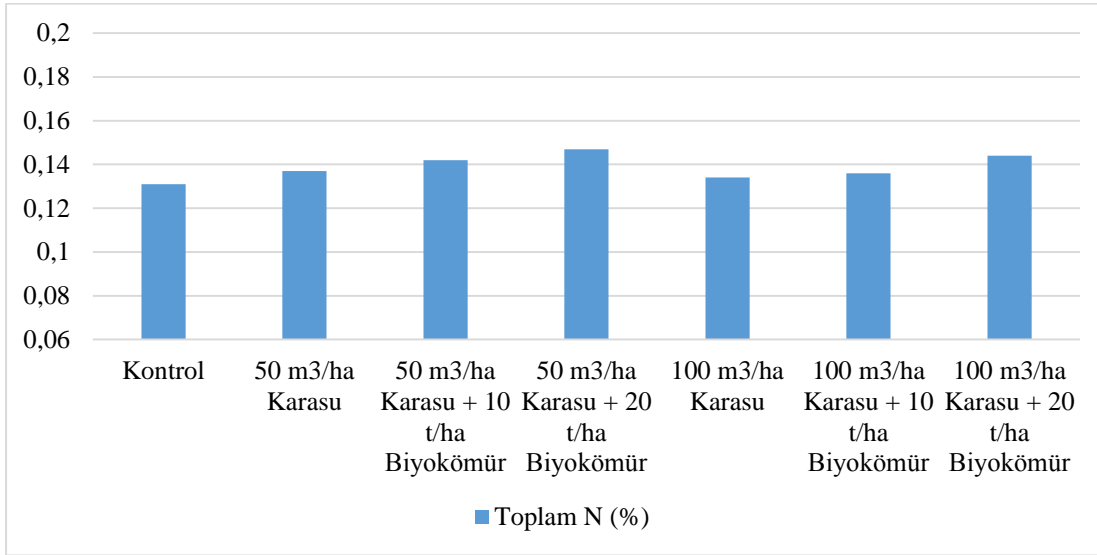
5.1.2 Toprakların makro element içerikleri üzerine etkiler

Zeytin karasuyu ve zeytin karasuyu ile birlikte pirina biyokömürü uygulamalarının toprakların toplam N, alınabilir P ve K içerikleri üzerine etkileri Çizelge 5.2'da sunulmuştur. Bunun yanında bu üç temel bitki besin elementi üzerindeki etkilerine ilişkin grafik gösterimi de Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.2. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların toplam N, alınabilir P ve K içerikleri üzerine etkileri

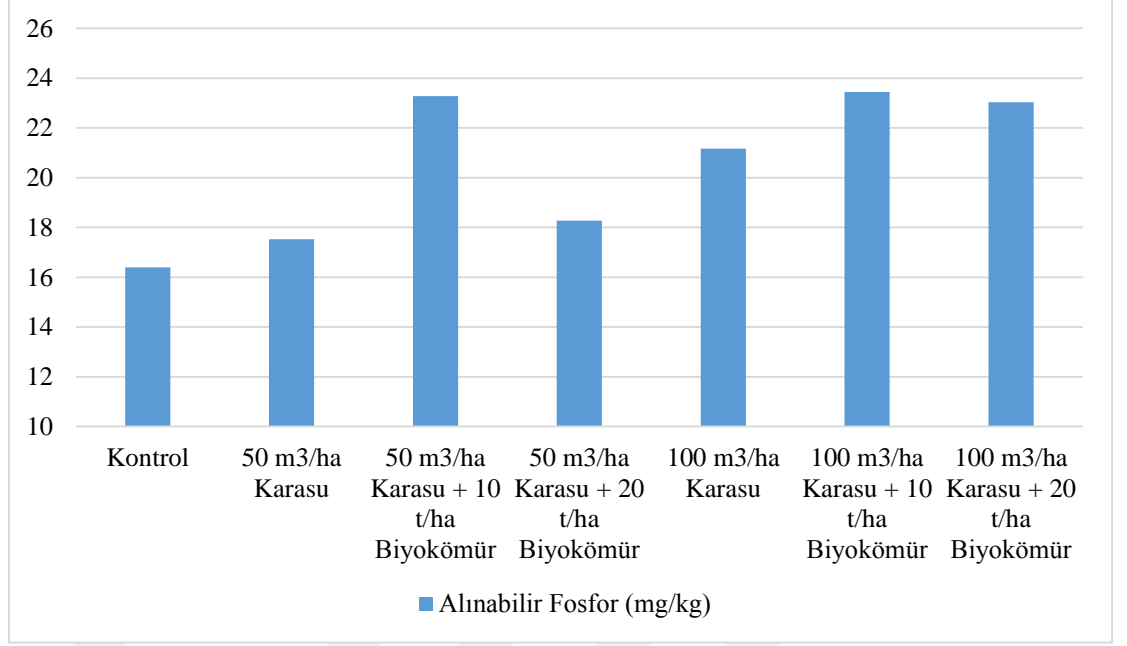
	Uygulama	Toprak Özellikleri		
		N (%)	P (ppm)	K (ppm)
1	Kontrol	0,131 b	16,4 b	244,28 e
2	50 m ³ /ha ZK	0,137ab	17,53 ab	303,38 de
3	50 m ³ /ha ZK + 10 t/ha Biyokömür	0,142 ab	23,28 a	443,91 bc
4	50 m ³ /ha ZK+ 20 t/ha Biyokömür	0,147 a	18,27 ab	370,36 cd
5	100 m ³ /ha ZK	0,134 ab	21,17 ab	436,03 bc
6	100 m ³ /ha ZK+ 10 t/ha Biyokömür	0,136 ab	23,45 a	573,93 a
7	100 m ³ /ha ZK + 20 t/ha Biyokömür	0,144 ab	23,04 a	491,19 ab

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (LSD:0,05)



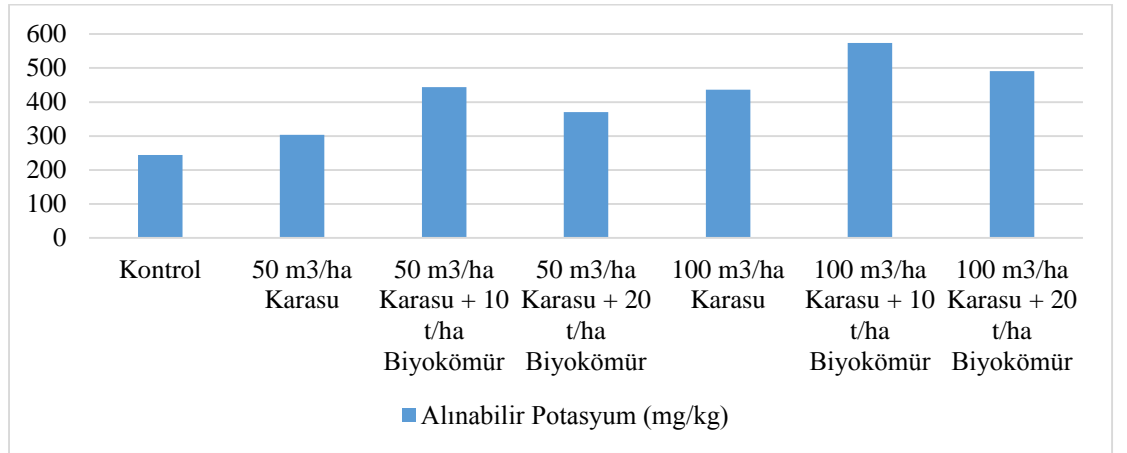
Şekil 5.4. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların toplam N içeriği üzerine etkisi

Toprakların azot içerikleri tüm teksel zeytin karasuyu ve biyokömürle birlikte zeytin karasuyu uygulamaları sonucunda kontrole göre istatistiki düzeyde önemli artış göstermiştir. Bir kez daha yüksek miktarda zeytin karasuyu uygulamasıyla organik ayrışmanın hızlanması sebebiyle azot kaybına bağlanabilecek bir düzen ortaya çıkmıştır. Buna rağmen, diğer zeytin karasuyu uygulamalarından ayrılan tek uygulama 4 numaralı uygulama olarak gözlenmiştir. Diğer zeytin karasuyu ve biyokömür uygulamaları arasında önemli derecede bir fark bulunmamıştır.



Şekil 5.5. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir P (mg/kg) içeriklerine etkisi

Tüm uygulamalar sonucu alınabilir fosfor miktarı kontrole göre önemli sayılabilecek artışlar göstermiştir. En yüksek alınabilir fosfor miktarı ise 4 numaralı uygulama sonucu elde edilmiştir. CFA'ya göre (California Fertilizer Assosication, 1995) fosforun alınabilirliğinin en yüksek olduğu pH aralığı 6-7,5 olarak belirlemiştir. Sonuçlar göstermektedir ki bu aralığa en yakın iki pH değerine sahip 3 ve 6 numaralı uygulamanın gerçekleştirildiği topraklar (sırasıyla, 7,37 ve 7,51) yine en yüksek alınabilir fosfor içeriğine sahiptir.



Şekil 5.6. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir K içeriklerine etkisi

Tüm uygulamalar toprakların alınabilir potasyum içeriklerini önemli derecede artırmıştır. En yüksek alınabilir potasyum içeriği değerleri, fosfor içeriklerinde olduğu gibi yine 3 ve 6 numaralı uygulamaların gerçekleştirildiği topraklarda gözlenmiştir. 100 m³/ha zeytin karasuyu uygulaması altındaki toprakların tümü 50 m³/ha uygulamaları altındakilerden daha yüksek alınabilir potasyum içermektedir. Farklı biyokömür dozlarıyla birlikte uygulanan 50 m³/ha zeytin karasuyu sonucu bu toprakların sergiledikleri içerik düzeni de üst dozda zeytin karasuyu uygulananlara benzer olmuştur.

Belaqziz ve arkadaşları da (2016) zeytin karasuyu uygulamalarının taşıdıkları elementel yük dolayısıyla, alınabilir K ve P içeriklerini artırdığını ortaya koymuştur. Barbera ve arkadaşları da (2013) değişen miktarlarda elementel yüke sahip zeytin karasularının bu elementler için alınabilir içerikleri artırdığını ve bu durumun gübreleme maliyetletleri açısından olumlu etkiler ortaya koyabileceğini bildirmiştir.

Zeytin karasuyu ve zeytin karasuyu ile birlikte biyokömür uygulanan toprakların alınabilir Na, Ca ve Mg içeriklerindeki değişiklikler Çizelge 5.3'te sunulmuştur.

Çizelge 5.3. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir Na, Ca ve Mg içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Toprak Özellikleri		
	Na (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
1 Kontrol	68,10 c	5542 ab	427,67 bc
2 50 m ³ /ha ZK	74,53 c	5667 ab	412,13 c
3 50 m ³ /ha ZK + 10 t/ha Biyokömür	101,51 b	5417 c	436,93 abc
4 50 m ³ /ha ZK+ 20 t/ha Biyokömür	87,37 bc	5688 ab	433,03 abc
5 100 m ³ /ha ZK	102,79 b	5771 a	454,63 ab
6 100 m ³ /ha ZK+ 10 t/ha Biyokömür	159,33 a	5708 a	467,97 a
7 100 m ³ /ha ZK + 20 t/ha Biyokömür	84,81 bc	5458 bc	442,70 abc

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (LSD:0,05)

Toprakların alınabilir Na içerikleri 2 numaralı uygulama hariç istatistiki düzeyde önemli değişim göstermiş ve yükselmiştir. Bu yükselişler incelendiğinde kontrol saksılarından sonra en düşük alınabilir Na içeriği 20 t/ha biyokömür uygulanan topraklarda gözlenmiştir. En yüksek alınabilir sodyum içeriği ise 6 numaralı uygulamada gözlenmiştir. Toprakların alınabilir Ca ve Mg içerikleri de uygulamalar sonucu değişiklik göstermiş fakat bu içerikler üzerinden uygulama ve uygulama dozlarının bağdaştırılabileceği bir düzen izlememişlerdir.

5.1.3. Toprakların mikro element içerikleri üzerine etkileri

Zeytin karasuyu ve zeytin karasuyu ile birlikte pirina biyokömürü uygulamalarının toprakların alınabilir demir, bakır, mangan ve çinko içerikleri üzerine etkileri Çizelge 5.4'te sunulmuştur.

Çizelge 5.4. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının toprakların alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri üzerine etkileri

Uygulama	Toprak Özellikleri			
	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1 Kontrol	3,76 a	0,63 bc	4,10 a	3,68 a
2 50 m ³ /ha ZK	2,78 bc	0,76 ab	4,31 a	3,02 b
3 50 m ³ /ha ZK + 10 t/ha Biyokömür	1,47 d	0,45 de	2,05 bc	2,40 c
4 50 m ³ /ha ZK+ 20 t/ha Biyokömür	3,24 ab	0,79 a	3,76 a	2,89 bc
5 100 m ³ /ha ZK	2,52 bc	0,77 a	3,61 a	3,76 a
6 100 m ³ /ha ZK+ 10 t/ha Biyokömür	1,23 d	0,43 e	1,42 c	2,91 b
7 100 m ³ /ha ZK + 20 t/ha Biyokömür	1,90 cd	0,58 cd	2,48 b	2,96 b

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (LSD:0,05)

Zeytin karasuyu ve biyokömür uygulamaları ile alınabilir demir içeriklerinin her uygulamada kontrole göre önemli düşüşler gösterdiği gözlenmiştir. Bakır içerikleri açısından sırasıyla 4, 5 ve 2 numaralı uygulamalar olumlu etki gösterirken diğer uygulamaların kontrole göre düşüşe sebep olduğu gözlenmiştir. Mangan içerikleri açısından yine 4, 5 ve 2 numaralı uygulamaların kontrole göre önemli bir değişikliğe sebep olmadığı diğer uygulamaların ise düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. Toprakların çinko içerikleri açısından olumlu ya da olumsuz bir etki göstermeyen tek uygulama 5 numaralı uygulama olmuştur. Diğer uygulamalar, alınabilir çinko elementi içeriklerine olumsuz etkide bulunmuştur.

5.2. Zeytin Karasuyu ve Pirina Biyokömürü Uygulamalarının Bitkilerin Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkileri

Zeytin karasuyu ve zeytin karasuyla birlikte pirina biyokömürü uygulamalarının bitkilerin morfolojik özellikleri üzerine etkileri Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. ZK ve ZK + Pİ-BK uygulamalarının bitkilerin morfolojik özellikleri üzerine etkileri

Uygulama	Bitki Özellikleri		
	Bitki Boyu (cm)	Yaprak Sayısı	Kuru Madde (%)
1 Kontrol	70,46 ab	11,11 c	16,85a
2 50 m ³ /ha ZK	74,80 ab	12,11 ab	17,99 a
3 50 m ³ /ha ZK + 10 t/ha Biyokömür	73,66 ab	11,67 bc	17,25 a
4 50 m ³ /ha ZK+ 20 t/ha Biyokömür	91,97 a	12,44 a	15,83 ab
5 100 m ³ /ha ZK	69,99 ab	12,33 ab	17,13 a
6 100 m ³ /ha ZK+ 10 t/ha Biyokömür	52,60 b	12,89 ab	14,53 b
7 100 m ³ /ha ZK + 20 t/ha Biyokömür	64,36 ab	11,89 ab	16,78 a

Düşey yöndeki küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (LSD:0,05)

Püskül bağlaması beklemeden hasat edilen mısır bitkisine ilişkin veriler incelendiğinde, bitki boylarının 6 numaralı uygulama haricinde kontrole göre bir düşüş göstermediği gözlenmiştir. En yüksek bitki boyu 91,97 cm ortalama ile 4 numaralı uygulamada gözlenmiştir (Şekil 5.7). Diğer uygulamalar bitki boylarında kontrol saksılarına göre istatistiki düzeyde bir değişime yol açmamıştır.

Bitkilerin yaprak sayıları incelendiğinde, en yüksek yaprak sayısının yine 4 numaralı uygulamanın etkisi altındaki bitkilerde incelendiği gözlenmiştir. Bütün uygulamalar kontrol saksılarına kıyasla yaprak sayıları üzerine istatistiki düzeyde önemli ve olumlu bir etkide bulunmuştur.



Şekil 5.7. Kontrol saksılarına kıyasla (soldaki üç saksı), 50 m³/ha zeytin karasuyu + 20 t/ha biyokömür uygulanan saksılar.

Bitkilere ait en düşük yüzde kuru madde içeriği sırasıyla 6 (%14,53) ve 4 numaralı (15,83) uygulamanın etkisi altındaki bitkilerde gözlenmiştir. Diğer uygulamalar kontrole kıyasla önemli bir değişime sebep olmamıştır. Bu saksılardaki oransal kuru madde içeriği kaybının başlıca sebeplerinden biri de çalışmanın son dönemlerinde gözlenen demir klorozudur.

Kokkora ve arkadaşları (2015) da arıtılmış zeytin karasuyu uyguladıkları topraklarda mısır bitkisi yetiştirmişler ve 50 t/ha karasu uygulaması altında ilk yıl herhangi bir verim ve kalite değişikliği gözlememekte birlikte, ikinci yıl verimde düşüşler gözlemişlerdir. Bunun yanında karasu uygulamalarının fosfor ve potasyum içeriklerinde artış sağladığı da belirtilmiştir. Zeytin karasuyunun yüksek tuz içeriği bulgularının en önemli sebebi olarak öne sürülmüştür.

Rusan ve arkadaşları da (2016) arıtılmış zeytin karasuyu uygulamalarının, ham karasu ve musluk suyu ile sulama seçeneklerine kıyasla bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla kurdukları saksı denemesinde mısır bitkisi veriminin arıtılmış karasu uygulanan topraklarda ham

karasu uygulanan topraklara göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Bunun yanı sıra, musluk suyu ile sulama yapılan saksılarda gelişim parametreleri diğer uygulamalardan yüksek olmuştur. Buna rağmen karasu uygulamaları ile toprakların azot, fosfor, potasyum ve organik madde içeriklerinde artışlar gözlenmiştir.



6. SONUÇ

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde gerçekleştirilen bu çalışmada, çeşitli organik materyallerden (kavak, okaliptüs, pamuk hasat artığı ve pirina) biyokömür üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen bu biyokömürlerin pH ve elektriki iletkenlik değerleri, makro ve mikro besin elementi içerikleri ile organik madde ve organik karbon miktarı yanında hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Biyokömürler ile kurulan saksı denemesi sonucunda bu uygulamaların; toprakların özellikle azot, fosfor ve potasyum içerikleri, organik madde miktarlarında artışa sebep olduğu gözlenmiştir. Deneme sonunda, özellikle kavak ve pirina biyokömürü uygulaması yapılan saksılardaki mısır bitkilerinin boylarında artışlar gözlenmiştir. Okaliptüs biyokömürü uygulamalarının bitkiye ait yüzde kuru madde değerlerinde artış sağladığı, diğer biyokömürlerin bu yönden olumsuz bir etkilerinin olmadığı ortaya konmuştur. Kavak biyokömürü bitkilerin yaprak sayısı üzerinde istatistiki önemde bir değişikliğe neden olmazken, diğer biyokömürler bitkilerin yaprak sayılarını önemli ölçüde artırmıştır.

Sonuç olarak, bitki parametreleri ve toprak özellikleri üzerine olumlu etkiler yapan, mikro element içerikleri açısından bu elementlere dair değerlendirme sınıflarında bir değişime sebep olmadan, kısa dönemde bazı düşüşler gösterebilecek biyokömürün tarımsal üretimde kullanımı özellikle uzun dönemde önemli yararlar sağlayabilir. Alınabilir mikro elementler üzerindeki bu etki temelde biyokömürün yaşlandırılmadan kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi biyokömürler piroliz sonrası direkt olarak tarımsal üretim sistemlerine entegre edildiğinde ve toprağa uygulandığında, pozitif yüklü değişim komplekslerinin yoğunlukta olmasından dolayı mikro elementler üzerine olumlu etkide bulunamayabilir hatta alınabilirliklerine zarar verebilir. Fakat toprak içerisindeki biyokömür ısı, nem ve iklim koşulları sonucu yaşlandıkça bu pozitif yüklü kompleksler, negatif yüklü kompleksler haline gelecektir. Bir diğer yönüyle de biyokömürlerin gübreleme ile birlikte kullanımının makro elementlerin alınabilirliği açısından da olumlu sonuçlar vermeye yatkın olması aynı sebeptendir.

Zeytin karasuyunun da pirina biyokömürü ile birlikte kullanımı sonucu, toprakların özellikle alınabilir fosfor ve potasyum içeriklerinde her uygulama ile

artış gözlenirken, bazı bitki gelişimi parametreleri üzerine olumlu etkiler gösteren uygulama konuları saptanmıştır. Bunun yanı sıra, ek denemenin uygulama konularında mikro element alınabilirliklerinde gözlenen düşüşlerin sebepleri daha fazla araştırılmaya ihtiyaç duyan bir konudur. Yine ek deneme incelendiğinde zeytin karasuyunun bireysel ya da biyokömür ile birlikte kullanıldığı her konuda toprakların organik madde içeriklerine katkı sağladığı gözlenmiştir.

Araştırmanın sonuçları ışığında, yetiştirme ortamının özellikle toprak reaksiyonu, tuzluluk, alınabilir makro ve mikro element içerikleri değerlendirilerek, geleneksel yollarla üretilecek biyokömürün kullanımı hem tarımsal üretimi geliştirecek; hem de toprakların bir karbon yutağı olarak kullanılmasını sağlayabilecek bir seçenektir. Stabil karbon yapısından bahsedilen biyokömür, etkin ve sürdürülebilir bir organik madde/organik karbon kaynağıdır. Zeytin karasuyun özellikle yüksek dozlarının atık bertarafı amacıyla topraklara uygulanması gerektiğinde, biyokömür gibi stabil karbon yapısına sahip bir ürünle birlikte uygulanması, karasu uygulaması sonucu degradasyon hızı artacak toprak organik maddesinin bir telafisi olarak görülebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Açıkgöz, N.**, 1993, “Tarımda araştırma ve deneme metodları” 3. Basım, EÜ Ziraat Fakültesi Yayınları No 478 Bornova İzmir
- Aktas, E.S., Imre, S. and Ersoy, L.**, 2001, Characterization and lime treatment of olive mill wastewater. *Water Research*, 35(9), 2336-2340pp.
- Bagreev, A., Bandosz, T. J. and Locke, D.C.**, 2001, ‘Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage-derived fertiliser’, *Carbon*, vol 39, 971–1979pp
- Baldock, J. A. and Smernik, R. J.**, 2002, ‘Chemical composition and bioavailability of thermally altered *Pinus resinosa* (Red pine) wood’, *Organic Geochemistry*, vol 33, 1093–1109pp.
- Barbera, A.C., Maucieri, C., Cavallaro, V., Ioppolo, A. and Spagna, G.**, 2013, Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review. *Agricultural Water Management*, 119, 43-53pp.
- Barton, C.J.**, 1948, Photometric analysis on phosphate rock. In. *Anal. Ed.* 20:1068-1073pp.
- Belaqziz, M., El-Abbassi, A., Lakhali, E.K., Agrafioti, E. and Galanakis, C.M.**, 2016, Agronomic application of olive mill wastewater: Effects on maize production and soil properties. *Journal of environmental management*, 171, 158-165pp.
- Biederman, L.A. and Harpole, W.S.**, 2013, Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB bioenergy*, 5(2), 202-214pp.
- Blackwell, P., Shea, S., Storer, P., Solaiman, Z., Kerkmans, M. and Stanley, I.**, 2007, April. Improving wheat production with deep banded oil mallee charcoal in Western Australia. In *First Asia Pacific Biochar Conference*, Terrigal, Australia (Vol. 30).
- Borchard, N., Siemens, J., Ladd, B., Möller, A. and Amelung, W.**, 2014, Application of biochars to sandy and silty soil failed to increase maize yield under common agricultural practice. *Soil and Tillage Research*, 144, 184-194pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bridgwater, A.V.**, 2003, Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering Journal*, 91(2), 87-102pp.
- Bridle, T. R., and Pritchard, D.**, 2004, "Energy and nutrient recovery from sewage sludge via pyrolysis." *Water Science & Technology* 50, no. 9 (2004): 169-175pp.
- Cantrell, K., Ro, K., Mahajan, D., Anjom, M. and Hunt, P.G.**, 2007, Role of thermochemical conversion in livestock waste-to-energy treatments: obstacles and opportunities. *Industrial & engineering chemistry research*, 46(26), 8918-8927pp.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N. and Smith, V.H.**, 1998, Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological applications*, 8(3), 559-568pp.
- Casa, R., D'Annibale, A., Pierucetti, F., Stazi, S.R., Sermanni, G.G., Cascio, B.L.**, 2003, Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. *Chemosphere*, 50: 959-966pp.
- California Fertilizer Association (CFA)**, 1995, California Plant and Soil Conference, Agricultural Productions/Environmental Concerns: New Paradigms. January 10-11 1995.
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S.**, 2007, 'Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment', *Australian Journal of Soil Research*, vol 45, 629-634pp
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S.**, 2007b, 'Assessing the agronomic values of contrasting char materials on Australian hardsetting soil', in *Proceedings of the Conference of the International Agrichar Initiative*, 30 April-2 May 2007, Terrigal, NSW, Australia
- Cheng, C. H., Lehmann, J. and Engelhard, M.**, 2008, 'Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence', *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol 72, 1598-1610pp
- Crane-Droesch, A., Abiven, S., Jeffery, S. and Torn, M.S.**, 2013, Heterogeneous global crop yield response to biochar: a meta-regression analysis. *Environmental Research Letters*, 8(4), 044049p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- El Hassani, F.Z., Zinedine, A., Alaoui, S.M., Merzouki, M. and Benlemlih, M.,** 2010, Use of olive mill wastewater as an organic amendment for *Mentha spicata* L. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 343-348pp.
- Fearnside, P.M.,** 2000, Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46(1-2): 115-158pp.
- Fernandes, M. B., Skjemstad, J.O., Johnson, B. B., Wells, J.D. and Brooks, P.,** 2003, 'Characterization of carbonaceous combustion residues. I. Morphological, elemental and spectroscopic features', *Chemosphere*, vol 51, 785-795pp.
- Filidei, S., Masciandaro, G. and Ceccanti, B.,** 2003, Anaerobic digestion of olive oil mill effluents: evaluation of wastewater organic load and phytotoxicity reduction. *Water, air, and soil pollution*, 145(1-4), 79-94pp.
- Food and Agriculture Organization Statistics (FAOSTAT),** 2011, Food and Agriculture Organization (FAO) Database. Crops processed 2010 data for olive oil, virgin.
- Gaskin, J.W., Steiner, C., Harris, K., Das, K.C. and Bibens, B.,** 2008, Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *Transactions of the ASABE*, 51(6), 2061-2069pp.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. and Zech, W.,** 2001, 'The Terra Preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics', *Naturwissenschaften*, vol 88, 37-41pp
- Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W.,** 2002, Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biology and fertility of soils*, 35(4), 219-230pp.
- Gundale, M. J. and de Luca, T. H.,** 2006, 'Temperature and substrate influence the chemical properties of charcoal in the ponderosa pine/Douglas-fir ecosystem', *Forest Ecology and Management*, vol 231, 86-93pp.
- Hanifi, S. and El Hadrami, I.,** 2008, Phytotoxicity and fertilising potential of olive mill wastewaters for maize cultivation. *Agronomy for sustainable development*, 28(2), 313-319pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hansen, V., Hauggaard-Nielsen, H., Petersen, C.T., Mikkelsen, T.N. and Müller-Stöver, D.**, 2016, Effects of gasification biochar on plant-available water capacity and plant growth in two contrasting soil types. *Soil and Tillage Research*, 161, 1-9pp.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M.**, 2013, Ecophysiology and responses of plants under salt stress. In P Ahmad, MM Azooz, MNV Prasad, eds, *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. Springer, New York, 25–87pp.
- Hossain, M. K., Strezov, V. and Nelson, P.**, 2007, ‘Evaluation of agricultural char from sewage sludge’, in *Proceedings of the International Agrichar Initiative 2007 Conference*, Terrigal, Australia
- International Biochar Initiative (IBI)**, 2010, *Guideline for biochar application to soils*. International Biochar Initiative.
- Ippolito, J.A., Stromberger, M.E., Lentz, R.D. and Dungan, R.S.**, 2016, Hardwood biochar and manure co-application to a calcareous soil. *Chemosphere*, 142, 84-91pp.
- Jackson, M. L.**, 1967, *Soil Chemical Analysis*. Prentic Hall Inc. Englewood Cliffs, NJ, USA. 227-267pp.
- Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., Van Der Velde, M. and Bastos, A.C.**, 2011, A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, ecosystems & environment*, 144(1), 175-187pp.
- Kacar, B. ve İnal, A.**, 2009, *Bitki Analizleri*. Nobel Yayınları, Ankara.
- Kimetu, J.M., Lehmann, J., Ngoze, S.O., Mugendi, D.N., Kinyangi, J.M., Riha, S., Verchot, L., Recha, J.W. and Pell, A.N.**, 2008, Reversibility of soil productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. *Ecosystems*, 11(5), 726-739pp.
- Kishimoto, S. and Sugiura, G.**, 1980, *Introduction to Charcoal Making on Sunday*, Sougou Kagaku Shuppan, Tokyo (in Japanese)
- Kitson, R.E. and Mellon, M. G.**, 1944, Colorimetric determination of phosphorus as molybdovanadophosphoric acid. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 16: 379-383pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kloss S., F. Zehetner, J. Karer, A. Watzinger, S. Feichtmair, S. Zechmeister-Boltenstern, E. Oburger, J. Buecker, S. Selim, J. Lehmann, B. Kitzler, B. and Wimmer, G.,** 2014, Soja Effects of biochar application on soil functions: results from lab incubations, greenhouse potexperiments and field trials
- Kokkora, M.I., Petroitos, K.B., Papaioannou, C., Gkoutosidis, P.E., Leontopoulos, S. and Vyrlas, P.,** 2016, Agronomic and economic implications of using treated olive mill wastewater in maize production. *Desalination and Water Treatment*, 1-7pp.
- Krull, E.S., Baldock, J.A., Skjemstad, J.O. and Smernik, R.J.,** 2009, Characteristics of biochar: organo-chemical properties. *Biochar for environmental management: Science and technology*. Earthscan, London, 53-65pp.
- Laird, D.A., Chappell, M.A., Martens, D.A., Wershaw, R.L. and Thompson, M.,** 2008, Distinguishing black carbon from biogenic humic substances in soil clay fractions. *Geoderma*, 143(1), 115-122pp.
- Lehmann, J., Kern, D. C., Glaser, B. and Woods, W. I.,** 2003, *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands
- Lehmann, J., da Silva Jr, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B.,** 2003b, Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and soil*, 249(2), 343-357pp.
- Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M.,** 2006, 'Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review', *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol 11, 403–427pp.
- Lehmann, J.,** 2007, 'Bio-energy in the black', *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol 5, 381–387pp.
- Lehmann, J.,** 2007b, 'A handful of carbon', *Nature*, vol 447, 143–144pp.
- Lehmann, J.,** 2009, 'Terra preta Nova – where to from here?', in W. I. Woods, W.G. Teixeira, J. Lehmann, C. Steiner and A. Winkler Prins (eds).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizão, F. J., Petersen, J. and Neves, E. G.**, 2006, 'Black carbon increases cation exchange capacity in soils', Soil Science Society of America Journal, vol 70, 1719–1730pp.
- Liebig, J. von.**, 1878, Chemische Briefe, C. F. Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig and Heidelberg, Germany
- Lindsay W.L., Norvell W.A.**, 1978, "Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper", Soil Sci. Soc. Amer. J., 1978, 42, 421p
- Low Carbon Innovation Centre**, 2012, Collison & Associates Limited Biochar Properties & Production Techniques Zoe Wallage Low Carbon Innovation Centre University of East Anglia
- Lima, I.M. and Marshall, W.E.**, 2005, Granular activated carbons from broiler manure: physical, chemical and adsorptive properties. Bioresource Technology, 96(6), 699-706pp.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G. and Paz-Ferreiro, J.**, 2013, Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—a meta-analysis of literature data. Plant and soil, 373(1-2), 583-594pp.
- Magdich, S., Ahmed, C.B., Jarboui, R., Rouina, B.B., Boukhris, M. and Ammar, E.**, 2013, Dose and frequency dependent effects of olive mill wastewater treatment on the chemical and microbial properties of soil. Chemosphere, 93(9), 1896-1903pp.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. and Lehmann, J.**, 2010, Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Plant and soil, 333(1-2), 117-128pp.
- Massimo V.;Alessandro P.; AlbertoT.**, 2010, Chemical-Physical characterization and bioassay on poplar and conifer biochar.
- Matteson, G.C. and Jenkins, B.M.**, 2007, Food and processing residues in California: Resource assessment and potential for power generation. Bioresource Technology, 98(16), 3098-3105pp.
- Mekki, A., Dhouib, A. and Sayadi, S.**, 2006, Changes in microbial and soil properties following amendment with treated and untreated olive mill wastewater. Microbiological research, 161(2), 93-101pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mekki, A., Dhouib, A. and Sayadi, S.**, 2009, Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Progress in Natural Science*, 19(11), 1515-1521pp.
- Moraetis, D., Stamati, F.E., Nikolaidis, N.P. and Kalogerakis, N.**, 2011, Olive mill wastewater irrigation of maize: Impacts on soil and groundwater. *Agricultural Water Management*, 98(7), 1125-1132pp.
- Moreno, E., Perez, J., Ramos-Cormenzana, A. and Martinez, J.**, 1987, Antimicrobial effect of waste water from olive oil extraction plants selecting soil bacteria after incubation with diluted waste. *Microbios*.
- Muralidhara, H.S., Maggin, B. and Phipps, H.**, 1982, Conversion of tannery waste to useful products. *Resources and Conservation*, 8(1), 43-59pp.
- Nelson, N.O., Agudelo, S.C., Yuan, W. and Gan, J.**, 2011, Nitrogen and phosphorus availability in biochar-amended soils. *Soil Science*, 176(5), 218-226pp.
- Neary, D.G., Klopatek, C. C., DeBano, L. F. and Folliott, P. F.**, 1999, 'Fire effects on belowground sustainability: A review and synthesis', *Forest Ecology and Management*, vol 122, 51–71pp.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers.**, 1982, Phosphorus. 403-430p. In: A.L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis*, part 2. *Agron. Mongr.* 9. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Pastor-Villegas, J., Pastor-Valle, J. F., Meneses Rodríguez, J. M. And García,M.**, 2006, 'Study of commercial wood charcoals for the preparation of carbon adsorbents', *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol 76, 103–108pp
- Paredes, C., Cegarra, J., Roig, A., Sánchez-Monedero, M.A. and Bernal, M.P.**, 1999, Characterization of olive mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology*, 67(2), 111-115pp.
- Petter, F.A., Madari, B.E., Silva, M.A.S.D., Carneiro, M.A.C., Carvalho, M.T.D.M., Júnior, M., Hur, B. and Pacheco, L.P.**, 2012, Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(5), 699-706pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Piperidou, C.I., Chaidou, C.I., Stalikas, C.D., Soulti, K., Pilidis, G.A. and Balis, C.**, 2000, Bioremediation of olive oil mill wastewater: chemical alterations induced by *Azotobacter vinelandii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1941-1948pp.
- Pratt P. F.**, 1965, Potassium. In: BLACK, C. A. (ed.), *Methods of soil analysis*, 2., Agronomic Monograph 9, ASA, Madison, WI. 1022–1030pp.
- Prendergast-Miller, T., Duvall, M. and Sohi, S.P.**, 2011, Localisation of nitrate in the rhizosphere of biochar-amended soils.
- Raveendran, K., Ganesh, A. and Khilart, K. C.**, 1995, 'Influence of mineral matter on biomass pyrolysis characteristics', *Fuel*, vol 74, 1812–1822pp
- Retan, G. A.**, 1915, 'Charcoal as a means of solving some nursery problems', *Forestry Quarterly*, vol 13, 25–30pp
- Rayment, G.E. and Higginson, F.R.**, 1992, *Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods*. Inkata Press, Melbourne. (Australian Soil and Land Survey Handbook, vol 3)
- 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., Ramirez J. and Hurtado, M.**, 2007, 'Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions', *Biology and Fertility of Soils*, vol 43, 699–708pp
- Rusan, M.J., Albalasmeh, A.A. and Malkawi, H.I.**, 2016, Treated Olive Mill Wastewater Effects on Soil Properties and Plant Growth. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(5), 1-10pp.
- Saviozzi, A., Levi-Minzi, R., Riffaldi, R. and Lupetti, A.**, 1991, Effetti dello spandimento di acque di vegetazione sul terreno agrario. *Agrochimica*, 35(1-3), 135-147pp.
- Schmidt, M.W. I. and Noack, A.G.**, 2000, 'Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges', *Global Biogeochemical Cycles*, vol 14, 777–794pp
- Shindo, H.**, 1991, "Elementary composition, humus composition, and decomposition in soil of charred grassland plants." *Soil Science and Plant Nutrition* 37.4 (1991): 651-657pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Skjemstad, J.O., Clarke, P., Taylor, J. A., Oades, J. M. and McClure, S.G.**, 1996, 'The chemistry and nature of protected carbon in soil', Australian Journal of Soil Research, vol 34, 251–271pp
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo, J.L.V., Blum, W.E. and Zech, W.**, 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and soil, 291(1-2), 275-290pp.
- Thomas, S.C., Frye, S., Gale, N., Garmon, M., Launchbury, R., Machado, N., Melamed, S., Murray, J., Petroff, A. and Winsborough, C.**, 2013, Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. Journal of environmental management, 129, 62-68pp.
- Trimble, W. H.**, 1851, 'On charring wood', Plough, the Loom and the Anvil, vol 3, 513–516pp.
- Topoliantz, S.**, Ponge, J.F. and Ballof, S., 2005, Manioc peel and charcoal: a potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics. Biology and Fertility of Soils, 41(1), 15-21pp.
- Trompowsky, P.M., de Melo Benites, V., Madari, B.E., Pimenta, A.S., Hockaday, W.C. and Hatcher, P.G.**, 2005, Characterization of humic like substances obtained by chemical oxidation of eucalyptus charcoal. Organic Geochemistry, 36(11), 1480-1489pp.
- Tryon, E. H.**, 1948, 'Effect of charcoal on certain physical, chemical, and biological properties of forest soils', Ecological Monographs, vol 18, 81–115pp.
- Tsai, W.T., Lee, M. K. and Chang, Y. M.**, 2006. 'Fast pyrolysis of rice straw, sugarcane bagasse and coconut shell in an induction-heating reactor', Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, vol 76, 230–237pp.
- Tsagaraki E., Lazarides N. and Petrotos K.B.**, 2007, Olive mill wastewater treatment, In: Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry, Oreopoulou, V and Russ, W. (Ed.), Springer Science+Business Media, LLC, NY, USA. 132 – 157pp.
- Tseng, R. L. and Tseng, S. K.**, 2006, 'Characterization and use of high surface area activated carbons prepared from cane pith for liquid-phase adsorption', Journal of Hazardous Materials, vol B136, 671–680pp

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Konseyi (UZK)**, 2010, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 2010 Yılı Zeytin ve Zeytinyağı Raporu. Teşkilatlandırma Genel Müdürlüğü Yayını.
- Uzun, B.B., Pütün, A.E. and Pütün, E.**, 2006, Fast pyrolysis of soybean cake: product yields and compositions. *Bioresource technology*, 97(4), 569-576pp.
- Walkley, A. and I.A. Black.**, 1934, An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63:251-263pp.
- Vlyssides, A.G. and Bouranis, D.L.**, Loizidou, M. and Karvouni, G., 1996, Study of a demonstration plant for the co-composting of olive-oil-processing wastewater and solid residue. *Bioresource technology*, 56(2), 187-193pp.
- Vlyssides, A.G., Loizides, M. and Karlis, P.K.**, 2004, Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction by-products. *Journal of Cleaner Production*, 12(6), 603-611pp.
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I.F., Anshori, S. and Ogawa, M.**, 2006, Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil science and plant nutrition*, 52(4), 489-495pp.
- Zhai, L., Cai Ji, Z., Liu, J., Wang, H., Ren, T., Gai, X., Xi, B. and Liu, H.**, 2015, Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities. *Biology and Fertility of Soils*, 51(1), 113-122pp.
- Zhang, D., Pan, G., Wu, G., Kibue, G.W., Li, L., Zhang, X., Zheng, J., Zheng, J., Cheng, K., Joseph, S. and Liu, X.**, 2016, Biochar helps enhance maize productivity and reduce greenhouse gas emissions under balanced fertilization in a rainfed low fertility inceptisol. *Chemosphere*, 142, 106-113pp.

ÖZGEÇMİŞ

29 Ocak 1990 tarihinde Bakırköy, İstanbul'da doğdu. 2008 yılında başladığı lisans eğitimini Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde 2012 yılında tamamladı. İzmir'de yaşamaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Devleti vatandaşıdır.

