

T.C
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI KARAKTERİSTİĞE SAHİP ZEYTİN PİRİNASI
UYGULAMALARININ BAZI TOPRAK VERİMLİLİK PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Seda TORUN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2018

ANTALYA

T.C
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI KARAKTERİSTİĞE SAHİP ZEYTİN PİRİNASI
UYGULAMALARININ BAZI TOPRAK VERİMLİLİK PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Seda TORUN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

OCAK 2018

ANTALYA

T.C
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KARAKTERİSTİĞE SAHİP ZEYTİN PİRİNASI
UYGULAMALARININ BAZI TOPRAK VERİMLİLİK PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ

Seda TORUN
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından
FYL-2016-1896 nolu proje ile desteklenmiştir.

OCAK 2018

T.C
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KARAKTERİSTİĞE SAHİP ZEYTİN PİRİNASI
UYGULAMALARININ BAZI TOPRAK VERİMLİLİK PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ

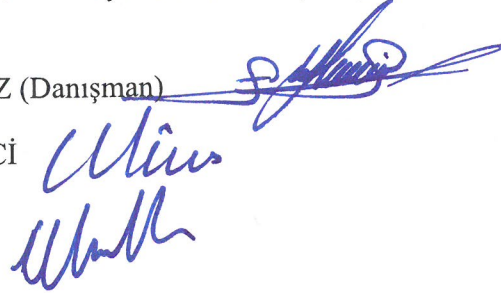
Seda TORUN
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 29/01/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erdem YILMAZ (Danışman)

Doç. Dr. Metin MÜJDECİ

Yrd. Doç. Dr. İlker UZ



ÖZET

FARKLI KARAKTERİSTİĞE SAHİP ZEYTİN PİRİNASI UYGULAMALARININ BAZI TOPRAK VERİMLİLİK PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Seda TORUN

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erdem YILMAZ

Ocak 2018; 57 sayfa

Bu çalışmada tarımsal artıklardan birisi olan zeytin pirinasının iki farklı formu toprağa uygulanarak toprak verimlilik parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada ham zeytin pirinası ile zeytin pirinasının yavaş piroliz işleminden (500-600 °C) elde edilen biyokömür kullanılmıştır. Zeytin pirinası ve zeytin pirinasından elde edilmiş biyokömür 0, 0.5, 1.0, 1.5 ton da⁻¹ dozlarında toprağa karıştırılarak uygulanmıştır. Çalışma sonunda deneme alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlar ışığında, toprağın makro element kapsamında özellikle de azot (N) içeriğinde önemli artışlar olduğu görülmüştür. Uygulamalar toprağın elektriksel iletkenlik (EC) değeri üzerinde önemli bir etki meydana getirmeyenken, toprak reaksiyonu (pH) ve katyon değişim kapasitesi (KDK) değerlerinde önemli artışlar sağlamıştır. Zeytin pirinası uygulaması ile toprakların organik madde ve organik karbon düzeylerinde artışlar olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte fiziksel toprak özelliklerinden hacim ağırlığı, agregat stabilitesi ve agregat büyüklük dağılımının zeytin pirinası ve biyokömür uygulamaları ile önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa hem zeytin pirinası uygulamaları hem de biyokömür uygulamalarının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde risk oluşturacak bir etkiye sahip olmadığı, aksine; uygulanan materyaller ile toprağın organik madde ve organik karbon içeriklerinin arttırıldığı, makro ve mikro besin elementi konsantrasyonu bakımından zenginleşmesinin sağlandığı, toprağın nem içeriği, agregat stabilitesi ve agregat büyüklük dağılımı değerlerinde artış sağlandığı, hacim ağırlığı değerlerinde azalma sağlayarak toprakta sıkışmayı önlediği için toprak kalitesinde olumlu gelişmeler sağladığı söylenebilir. İncelenen çoğu toprak verimlilik parametrelerinde 1.5 ton da⁻¹ dozundaki zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının 1.0 ton da⁻¹ dozunda yapılan uygulamalara kıyasla belirgin bir fark yaratmadığı için 1.0 ton da⁻¹ uygulama düzeyinin toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi için yeterli olacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Biyokömür, Organik Madde, Verimlilik, Zeytin Pirinası.

JÜRİ: Doç. Dr. Erdem YILMAZ

Doç. Dr. Metin MÜJDECİ

Yrd. Doç. Dr. İlker UZ

ABSTRACT

THE EFFECTS OF OLIVE WASTE APPLICATIONS WITH DIFFERENT CHARACTERISTICS ON SOME SOIL FERTILITY PARAMETERS

Seda TORUN

M. Sc. Thesis in Soil Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdem YILMAZ

January 2018; 57 pages

In this study, as one of the agricultural wastes, two different forms of olive waste were applied to the soil and their effects on the soil fertility parameters were examined. In the research, two different olive waste forms used, and the biochar was obtained from the slow pyrolysis (500-600°C) of raw olive waste and olive waste. These wastes were applied to the soil by mixing it at 0, 0.5, 1.0, 1.5 ton da⁻¹ doses. At the end of the study, the chemical and physical analyses of soils from the experiment field were conducted. In the light of these outcomes, some increases were observed especially in the nitrogen (N) content, which is one of the prominent macro elements. While the applications did not have any significant effects on the values of electrical conductivity of the soil, some significant increases were seen in the values of soil reaction (pH) and cation exchange capacity (CEC). It was also observed that levels of organic carbon and organic matter of the soils were on the rise through the application of olive waste. In addition, some soil physical properties such as bulk density, aggregate stability and aggregate size distribution were observed to be dramatically affected by the applications of olive waste and biochar.

From a general perspective, it can be claimed that both olive waste and biochar applications improve soil quality because they pose no risk for the physical and chemical qualities of the soil; the organic matter and organic carbon contents are increased through the use of these materials; they help soil to be enriched in terms of macro and micro nutritional element concentration; it increases the values of moisture content, aggregate stability and aggregate size distribution of soil; it prevents soil contraction by decreasing the value of bulk density. In most of the analysed soil fertility parameters. Therefore, application level of 1.0 ton da⁻¹ is thought to be sufficient to improve soil physical and chemical properties as no significant difference was observed between rates of 1.5 ton da⁻¹ and 1.0 ton da⁻¹.

KEYWORDS: Biochar, Organic Matter, Fertility, Olive Waste.

COMMITTEE: Doç. Dr. Erdem YILMAZ

Doç. Dr. Metin MÜJDECI

Yrd. Doç. Dr. İlker UZ

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun her geçen gün artması ve teknolojinin gelişerek insan yaşamını kolaylaştıracak olan ürünlerin kullanımının yaygınlaşması, dünyada kişi başına düşen enerji tüketimini arttırmaktadır. Artan enerji ihtiyacı, yeni enerji kaynakları üzerinde yapılan araştırma ve uygulamaların hızla gelişmesine neden olmuş ve bunun sonucunda alternatif enerji üretim modellerinden biri olan biyogaz üretimi birçok ülkede yaygınlaşmıştır. Biyogaz teknolojisinin yaygın olduğu ülkelerde her türlü organik atık bu tesislerde işlenerek hem enerji elde edilmekte hem de çevreye zarar verebilecek atıklar sterilize edilerek toprak ve su kirlenmesi engellenerek doğal denge korunmaktadır. Ayrıca bu tesislerden çıkan atık, bitkisel üretimde gübre olarak kullanılarak değerlendirilmektedir. Biyokömür hemen hemen bütün bitkisel ve hayvansal atıklardan elde ediliyor olmasına rağmen, her bir materyalin uygunluğu çeşitli kimyasal, fiziksel, ekonomik ve çevresel faktörlere bağlı olmaktadır. İçeriği bakımından önemli bir biyokütle yakıtı olarak kullanılan pirina aynı zamanda içerdiği yüksek lignin içeriği nedeniyle diğer biyokütlelere göre piroliz yoluyla aktif karbon elde edilmesinin daha uygun olduğu bilinmektedir.

Biyokömür elde etmek için son zamanlarda farklı organik materyaller kullanılmaktadır. Zeytin, hem meyvesinden hem de atıklarından faydalanılması açısından Akdeniz ülkeleri için son derece önemli ekonomik değere sahip olan bir üründür. Son yıllarda kaliteli zeytinyağı üretimini içeren çalışmaların yanı sıra sıvı ve katı fabrika atıklarının değerlendirilmesi üzerine de pek çok araştırmanın yapıldığı gözlenmeye başlamıştır. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında da, zeytin pirasası ve zeytin pirasasından elde edilmiş biyokömürün toprağa uygulanarak toprakların bazı verimlilik parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Bu konuda bana çalışma olanağı veren, tez çalışması boyunca destekleriyle yanımda olan, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Doç. Dr. Erdem YILMAZ'a (Ak.Ün.Z.F.) teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum. Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini bizlerle her fırsatta paylaşan ve yol gösteren Arş. Gör. Hüseyin OK, Arş. Gör. İsmail Emrah TAVALI, Arş. Gör. Ahmet Şafak MALTAŞ ve Arş. Gör. Gafur GÖZÜKARA'ya (Ak.Ün.Z.F.) ayrıca teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarımın her zaman yanımda ve yardımcı olan Zir. Müh. Aylin ÖZGÜR ZAMBAK'a (Ak.Ün.Z.F.), deneme alanının kurulmasından laboratuvar çalışmalarımın son aşamasına kadar karşılık beklemeksizin yanımda olan tüm arkadaşlarımda minnettarlığımı belirtmek isterim. Ayrıca sağladıkları samimi ve güzel ortamda bana da yer açtıkları için Akdeniz Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü ailesinin bütün bireylerine sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmalarımın başından sonuna kadar bu yoğun tempo içerisinde benden hiç bir zaman maddi ve manevi, yardım ve desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve haklarını hiç bir zaman ödeyemeyeceğim sevgili annem ve babam Ayşe ve Şaban TORUN'a , ve bu hayatta başıma gelen en güzel şey olan kardeşim Şeyma TORUN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Biyokömür ve Özellikleri.....	3
2.2. Zeytin Pirinası ve Özellikleri.....	4
2.3. Biyokömür ve Pirinanın Tarımda Kullanımı İle İlgili Yapılmış Çalışmalar...	5
3. MATERYAL ve METOT.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Denemede kullanılan pirina materyali.....	15
3.1.2. Denemede kullanılan biyokömür materyali.....	16
3.1.3. Denemede kullanılan toprak.....	18
3.2. Metot.....	19
3.2.1. Arazide denemelerin kurulması ve yürütülmesi.....	19
3.2.2. Laboratuvar analiz yöntemleri.....	21
3.2.2.1. Deneme topraklarının analiz yöntemleri.....	21
3.2.2.2. Organik materyallerin analiz yöntemleri.....	27
3.2.3. İstatiksel analiz yöntemleri.....	28
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	29
4.1. Uygulamaların Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi.....	29

4.1.1.Uygulamaların toprağın makro bitki besin element konsantrasyonları üzerine etkisi ve değerlendirilmesi.....	29
4.1.2.Uygulamaların toprağın mikro bitki besin element konsantrasyonları üzerine etkisi ve değerlendirilmesi.....	33
4.1.3.Uygulamaların toprağın pH, EC ve katyon değişim kapasitesi içeriği üzerine etkisi ve değerlendirilmesi.....	36
4.1.4.Uygulamaların toprağın organik madde ve organik karbon içeriği üzerine etkisi ve değerlendirilmesi.....	38
4.2. Uygulamaların Toprağın Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	41
4.2.1.Uygulamaların toprağın toprak su miktarı (% Nem), penetrometre direnci, tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı üzerine etkisi ve değerlendirilmesi.....	41
4.2.2.Uygulamaların toprağın agregat büyüklük dağılımı (%) üzerine etkisi ve değerlendirilmesi.....	44
4.2.3.Uygulamaların toprağın agregat stabilitesi (%) üzerine etkisi ve değerlendirilmesi.....	46
5. SONUÇLAR.....	48
6. KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘‘Farklı karakteristiğe sahip zeytin pirinasi uygulamalarının bazı toprak verimlilik parametreleri üzerine etkileri’’ adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

29/01/2018

Seda Torun

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ca	: Kalsiyum
Cmol	: Santimol
cm ³	: Santimetre küp
Cu	: Bakır
da	: Dekar
dS	: Desi simens
Fe	: Demir
G	: Gram
Ha	: Hektar
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
m	: Metre
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
m ²	: Metrekare
N	: Azot
Na	: Sodyum
P	: Fosfor
t	: Ton
Zn	: Çinko
μS	: Mikro simens
>	: Büyük

< : Küçük

% : Yüzde

Kısaltmalar

pH : Toprak Reaksiyonu

EC : Elektriksel Kondaktivite

DTPA : Dietilentriamin Pentaasetik Asit

NaF : Sodyum Florür

AFS : Amonyum Ferro Sülfat

HCL : Hidro Klorik Asit

SYA : Spesifik Yüzey Alanı

KDK : Katyon Değişim Kapasitesi

TK : Tarla Kapasitesi

SN : Solma Noktası

TC : Toplam Karbon

TN : Toplam Azot

YSI : Bitkiye Yararışlı Su İçeriği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Zeytinyağı üretim şeması.....	5
Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan pirina materyali.....	16
Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan biyokömür materyali.....	17
Şekil 3.3. Denemenin gerçekleştirildiği alandan genel bir görünüm.....	19
Şekil 3.4. Materyallerin uygulanması için hazırlanan parseller.....	19
Şekil 3.5. Materyallerin 0-15 cm derinliğine uygulanmasının ardından toprak nem içeriğinin tarla kapasitesinin % 70'i düzeyinde kalacak şekilde sulanması.....	20
Şekil 3.6. Deneme alanında parsellere zarar vermeden yapılan yabancı ot mücadelesi.....	21
Şekil 3.7. Deneme alanı toprağının tekstürünün Bouyoucos Hidrometre yöntemine göre belirlenmesinden bir görünüm.....	22
Şekil 3.8. Toprakların su tutma kapasitelerinin belirlenmesi için tarla kapasitesi ve solma noktası analizlerinin yapıldığı basınçlı tencerelerden bir görünüm.....	22
Şekil 3.9. Organik madde analizinin yapıışından bir görünüm.....	23
Şekil 3.10. Toprakların N içeriğinin belirlenmesinde kullanılan Kjeldahl yakma setinden bir görünüm.....	23
Şekil 3.11. Agregat büyüklük dağılımı analizinde kullanılan rotar elek takımının görünümü.....	25
Şekil 3.12. Agregat stabilitesi analizinden ve örneklerin elenmesinde kullanılan Yoder ıslak eleme tayini aletinin görünümü.....	25
Şekil 3.13. Toprakların kation değişim kapasitesi analizinde kullanılan santrifüj cihazı ve analiz yapıım aşamalarından bir görüntü.....	26
Şekil 3.14. Toprakların penetrometre direncinin belirlenmesi.....	26
Şekil 3.15. Organik materyallerin organik madde ve organik karbon içeriklerinin belirlenmesi.....	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Zeytin pirinasının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	15
Çizelge 3.2. Zeytin pirinasından elde edilen biyokömür'ün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	17
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri...	18
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan organik materyallere ait uygulama dozları.....	20
Çizelge 4.1. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın toplam azot, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum, magnezyum, kalsiyum ve sodyum kapsamı üzerine etkileri.....	30
Çizelge 4.2. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın ekstrakte edilebilir çinko, demir, mangan ve bakır kapsamı üzerine etkisi.....	34
Çizelge 4.3. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın pH, EC ve kation değişim kapasitesi (KDK) kapsamı üzerine etkisi.....	37
Çizelge 4.4. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın organik madde ve organik karbon kapsamı üzerine etkisi.....	39
Çizelge 4.5. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın su miktarı, penetrometre direnci, tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı üzerine etkisi.....	42
Çizelge 4.6. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın agregat büyüklük dağılımı üzerine etkisi.....	45
Çizelge 4.7. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamaların toprağın makro (2-1 mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) ölçeğindeki agregatların stabilitesi üzerine etkisi.....	46

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve sanayileşmeye bağlı olarak evsel ve endüstriyel atıklar da aynı oranda artış göstermektedir. Toplumların beslenme alışkanlıklarında önemli yeri olan zeytin, ülkemizde geniş alanlarda üretilmekte ve yoğun şekilde tüketilmektedir. Bilim insanlarının son zamanlarda yaptığı araştırmalar da zeytin ve zeytin mamullerinin insan sağlığı için bilinen yararlarına yenilerini eklemektedir. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu 2015) verilerine göre yıllık yaklaşık 1.700.000 ton zeytin üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretilen bu zeytinlerin 400.000 tonu yemeklik olarak ayrılmaktadır. Geriye kalan 1.300.000 tonu ise yağlık olarak ayrılmaktadır. 1 kg zeytinyağı elde etmek için 7.4 kg zeytin miktarı gerekmektedir. Yağlık için üretilen zeytinlerden sıkılarak 175.000 ton zeytinyağı üretilmektedir. Bu prosesin sonunda zeytin pirinası olarak adlandırılan 1.120.000 ton atık ortaya çıkmaktadır. Zeytinyağı eldesinde açığa çıkan bu önemli atık pirina sektörün en büyük çevre problemi olarak kabul edilmektedir. Doğru ve kontrollü bertaraf edilmediği takdirde çevre için büyük tehdit oluşturmaktadır. Diğer yandan ciddi bir organik madde kaynağı olan bu atığın toprağa doğru şekilde ve dozda uygulandığı takdirde toprağın başta organik maddesi olmak üzere çok sayıda fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğinde iyileştirme potansiyeli olduğu daha önce yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Zeytinyağı fabrikalarının bir atığı olan pirina, Akdeniz ülkelerinin çoğunluğunda görülen önemli bir biyokütle çeşididir ve düşük maliyetle oldukça büyük miktarlarda elde edilebilir. Pirinanın içeriğinde kükürt oranının çok az bulunması sebebiyle de çevre dostu bir yakıt olarak da değerlendirilebilir. Geçmişte yakıt olarak değerlendirilemeyen bu ürün enerji fiyatlarında ki hızlı artışa ve çevresel sorunların artmasına paralel olarak giderek daha fazla kullanılmaya başlanacağını göstermektedir.

Zeytin atıklarının değerlendirilmesinin yollarından biri de bu atıkları yüksek derecelerde sıcaklığa maruz bırakarak kömür haline dönüşmelerini sağlamaktır. Dünya genelinde çeşitli bölgelerde, çok sayıda çiftçi atıklarını tuğla ya da kilden yapılmış geleneksel ocaklar kullanarak yakmış ve biyokömür'ü destekleyici bir gübre olarak üretmişlerdir. Fakat geleneksel ocaklar ile biyokömür üretimi sonucu ortaya çıkan karbon salınımları ile biyokömür'de bulunan kalıcı hidrokarbon içeriğine bağlı olarak ekin üretimini etkileyen toprak toksisitesi meydana gelmektedir (Alexander 1995). Yanma sırasında açığa çıkan ve atmosfere fazla karbon salınımı nedeniyle hava kirliliği ve küresel ısınma tehlikelerine karşı bu şekilde yapılan biyokömür eldesi atıktan yararlanırken çevrenin daha fazla zarar gördüğünü göstermektedir. Henüz çok yeni bir jeomühendislik yöntemi olan piroliz yöntemiyle biyokömür eldesi; ortaya çıkan gaz formundaki yan ürününü kontrol edebilmek, kirliliği azaltmak ve en düşük kalıcı hidrokarbon seviyesi eldesinde en uygun yöntem olarak görülmektedir. Fakat bu yöntemi gerçekleştirmede kullanılan makinaların oldukça pahalı olması ve bazı özel firmalar tarafından üretilmesi dünyanın her yerinde bu makinaların bulunmasının mümkün olmayacağını göstermektedir.

Biyokömür ile ilgili olarak yapılan literatür taramalarında; zeytin pirinasından biyokömür üretimi elde etmede zeytin pirinasının güçlü potansiyele sahip olduğu, ayrıca bu konu ile ilgili yapılan çalışmaların özellikle ülkemizde az sayıda olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmalar özellikle yağ çıkarma esnasında çıkan "kara suyun" artırılması ile "pirinanın" çeşitli amaçlarla değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır

(Başkan 2010). Ancak zeytin pirinasının yakılmasına alternatif olacak daha uygun bir metot üzerinde henüz fikir birliğine varılamamıştır. İçeriği bakımından önemli bir biyokütle yakıtı olarak kullanılan pirina aynı zamanda içerdiği yüksek lignin içeriği nedeniyle diğer biyokütlelere göre piroliz yoluyla aktif karbon elde edilmesinde daha uygun bir materyal olduğu bilinmektedir.

Çalışmamız ülkemizde ve bölgemiz özelinde ciddi problem olan zeytin pirinası atığının doğru kullanım şeklini ve toprağa uygulama dozunu belirleyerek çevreye ve ekonomiye geri kazandırmayı amaçlamaktadır. Tarımsal alanlarda değerlendirilme imkanı aranan zeytin pirinası uygulamaları ile toprakların organik madde içeriği ve bitki besin maddesi bakımından zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışma ile, atıkların geri kazanımı, atıktan yeni ürün elde etme ve kaynak verimliliğini sağlarken, ülkemizde zeytin yetiştiriciliği yapılan bölgeler için sektörde işbirliği ve kazançlı bir yatırım olanağının sağlanması, materyalin tarım topraklarının ıslahında güvenli bir şekilde kullanımının yaygınlaştırılmasına katkı sağlanması gaye edinilmiştir. Bu amaçla zeytin pirinası ve zeytin pirinasından elde edilen biyokömür'ün farklı dozları toprağa uygulanarak toprak verimlilik parametrelerine etkisi araştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Biyokömür (biochar) ve Özellikleri

Biyokömür, oksijensiz ortamda organik materyallere ısı müdahale uygulanması ile bozulmaya uğraması sonrasında elde edilen karbonca zengin materyaldir. Biyokömür ıslah materyali olarak da kullanılmaktadır (Lehmann ve Joseph 2009). Biyokömür toprak verimliliğini artırmanın yanı sıra diğer ekosistem hizmetlerini geliştirmek ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için karbon depolamada bir araç olarak da hizmet etmektedir (Lehmann vd. 2006). Biyokömür üzerine yapılan araştırmalarda öncelikli hedef düşük pH değerlerine sahip topraklarda pH artışını sağlamak (Van Zwieten vd. 2010), veya katyon değişim yüzeylerinde besin elementlerinin tutunmasını artırmaktır (Liang vd. 2006). Ayrıca, toprağa ilave edilen biyokömür toprağın strüktürü (Rilling ve Mummey 2006) ve besin döngüsü (Steiner vd. 2008) üzerine de olumlu etkiler yapmaktadır. Bu etkiler dolaylı olarak toprağın üretkenlik fonksiyonunu olumlu yönde etkilemektedir (Warnock vd. 2007).

Biyokömür nispeten yeni bir terim olmakla birlikte yeni bir madde değildir. Dünyada mera ve orman arazilerinin yangınları gibi doğal olaylara maruz kalan topraklar biyokömür içermektedir (Skjemstad vd. 2002). Organik materyalin oksijensiz ortamlarda yüksek sıcaklıklarda yanması olayına piroliz denilmektedir (Bridgwater 1994). Organik materyalin pirolizi sonucunda elde edilen biyokömürün besin elementi içeriği organik materyalin bileşimine (Abdullah vd. 2010; Yip vd. 2010), içerdiği nem içeriğine (Yip vd. 2007), piroliz işleminin yapıldığı koşullara (Hossain vd. 2011) ve piroliz sonrası elde edilen ürünün işleme tutulduğu koşullara (Azargohar ve Dalai 2008) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Elde edilen biyokömür materyalinin kalitesi, yüksek adsorbe kapasitesi, katyon değişim kapasitesinin yüksek olması ve hareketli materyallerin (katran, reçine gibi) konsantrasyonlarının düşük olmasına bağlıdır (Glaser vd. 2002).

Biyokömür'ün bileşimi (karbon, azot, potasyum, kalsiyum vb. miktarları); kullanılan hammaddeye bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Örneğin; kanatlı atıkları gibi hayvansal kaynaklı biyokömürler mineral içeriği (N,P,K) bakımından daha zengindir (Chan vd. 2008).

Toprağa uygulanan biyokömür'ün toprakta kalma süresi uzadıkça, toprakta bulunan metalik katyonların, oksijen-anyonların ve organik bileşiklerin bağlanacağı yüzeyler de artacaktır. Bazı durumlarda biyokömür'ün bir sorbent olarak görev görebileceği rapor edilmiştir. Liang vd. (2006), daha yüksek yüzey alanı, negatif yüzey yükü ve yük yoğunluğundan dolayı biyokömür'ün doğal organik maddeye oranla çok daha yüksek sorbe yeteneği olduğunu belirtmişlerdir. Lehmann (2007b) ise birçok metal katyonu çözültiden uzaklaştırdığı gibi biyokömür'ün fosfat iyonu gibi anyon formundaki besin elementlerini de toprak çözültisinden uzaklaştırabileceğini göstermiştir. Ancak bu uzaklaşma olayı ile ilgili mekanizma yeterince açıklanamamıştır. Muhtemelen bu olay, düşük pH koşullarında organik maddenin pH'ya bağlı pozitif yük oluşumu ile ilgilidir. Zira, pH düştükçe organik maddenin fonksiyonel gruplarına (OH, COOH) çözültideki H⁺ bağlanarak pozitif yüklenmesine neden olur. Bu durumda anyon adsorpsiyonu artmaktadır. Bu nedenle, biyokömür'ün toprağa uygulanmasının, besin elementlerinin yıkanıp çevreye zarar vermesini engelleyebileceği veya toksik düzeyde

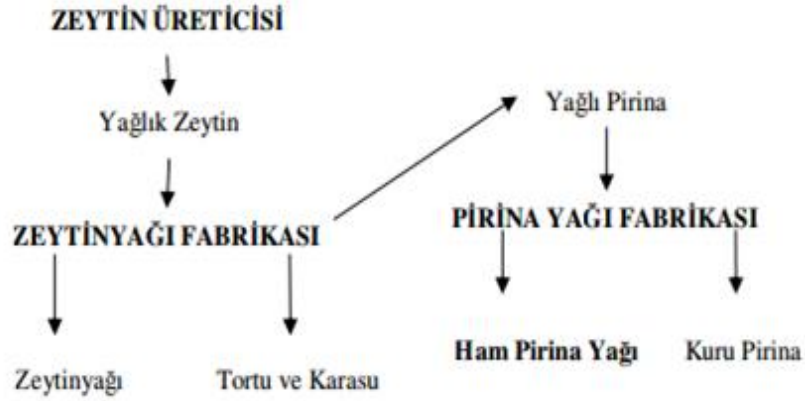
bulunan besin elementlerini bağlayarak bitki tarafından alınımını engelleyebileceği düşünülmektedir.

Son yıllarda dünyada biyokömür uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmaların ve yayınlanan raporların sayıları artmakla birlikte ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Yapılan çalışmalarda genellikle biyokömür'ün toprakta uzun süre kaldığı ifade edilmektedir. Biyokömür mikrobiyal parçalanmaya ve mineralizasyona karşı oldukça dayanıklı olduğu için toprakta 1000 yıl kalabilmektedir (Lehmann ve Joseph 2009). Zira biyokömür uygulamasının üzerinden zaman geçtikçe yani uygulanan biyokömür yaşlandıkça biyokömür'ün okside olması ve karboksil gruplarının oluşumunun artması beklenmektedir. Bu gruplar ise çeşitli bileşenlerin adsorpsiyonu için uygun yüzeyler barındırmaktadırlar.

Biyokömür toprağın özelliklerinin iyileşmesine katkı sağlayan farklı bir kompost veya hayvan gübresi benzeri materyal olmanın yanında toprağın kalitesinin artırılması adına diğer organik katkı maddelerinin tamamından daha etkin bir katkı materyalidir. Bu özelliğinin nedeni yüksek yük yoğunluğu (Liang vd. 2006) ve buna bağlı yüksek besin elementi tutma kapasitesi (Lehmann vd. 2003) ve spesifik kimyasal (Baldock ve Smemik 2002) ve kolloidal yapısından (Lehmann vd. 2005) dolayı diğer organik materyallere göre mikrobiyal parçalanmaya karşı olan direnci (Chan vd. 2008) gibi sahip olduğu spesifik fiziksel ve kimyasal özelliklerden dolayıdır.

2.2. Zeytin Pirinası ve Özellikleri

Zeytin ve zeytinyağı tarım ekonomisi açısından önemli bir sektör olup, nüfusun beslenmesi, tarıma dayalı sanayi sektörünün hammadde ihtiyacını karşılaması, potansiyel yapısı ile ihracata yaptığı katkı ve istihdam sağlaması açısından ülkemizin ekonomik ve sosyal gelişiminde önemli fonksiyonlar üstlenmektedir (Tunalıoğlu ve Armağan 2008). İklim özellikleri açısından seçicilik gösteren bir ürün olan zeytin Akdeniz havzası bitkisi niteliğinde olup, sahip olduğu ekolojik koşullar nedeniyle Türkiye zeytin tarımı açısından dünyadaki önemli ülkeler arasında yer almaktadır. Toplam 81 ilimizin %45'inde (36 il) zeytin üretimine rastlanmaktadır. Türkiye'de yaklaşık 778 bin hektar alanda 1,3 milyon ton üretim gerçekleştirilmektedir. Son 10 yıldaki fidan dikimleri ile Türkiye ağaç varlığının 153.723.057 adete ulaştığı bildirilmektedir (Tunalıoğlu 2004; Anonim 2011a). Zeytin endüstrisi iki ana grupta incelenmektedir. Yemelik gıda sektörü ve zeytinyağı üretim sektörü büyüyen iki önemli zeytin endüstrisidir. Zeytinden zeytinyağı üretilmesi sırasında görülen işlemler Şekil 1'de görülmektedir. Şekil 2.1 incelendiğinde hem modern hem de klasik işleme yöntemlerinde ortaya pirina çıkmaktadır. Fakat pirinadaki yağ miktarı zeytinyağı işleme yöntemine göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 2.1. Zeytinyağı üretim şeması (Anonim 2011b)

Zeytinin, sıkıldıktan sonra yağ bakımından zenginliğini yitirmeyen, gübre veya hayvan yemi olarak kullanılan küspesine pirina adı verilmektedir. Pirina zeytinyağı fabrikalarının bir artığı olup, Akdeniz ülkelerinde görülen önemli bir biyokütle çeşididir. Pirina düşük maliyetle oldukça büyük miktarlarda elde edilebilir. Bitkisel yağlar ve pirina, kükürt içermeyen alternatif yakıtlar olarak dikkate alınabilir. Pirina aslında bir atık madde olduğu için diğer atıklar gibi uygun ve kabul edilebilir bir kullanım olanağının olmaması halinde problemler yaratabilir. Enerji üretiminde verimli ve uygun bir şekilde kullanılan pirina iki probleme birden çözüm sağlamaktadır; temiz enerji üretimi ve zeytinyağı tesislerinin atığı olan bu maddenin tekrar kullanımınıdır. Yağı kalmayan pirina, artık tam bir posadır. Bu posa, ya doğrudan işyerinin ocağında yakıt olur ya da silindir biçiminde preslenerek kurutulur (pelet) ve dışarı satılır. 2 kilo pirina posasının, 1 kilo fuelo ile eş değerde kalorisi vardır. Ayrıca, pelet küllerinden de, yüksek oranda potasyum oksit taşıdıkları için, gübre olarak yararlanılabilir (Anonim 1).

Dünyanın en önemli zeytin üreticileri olan Akdeniz ülkelerinde pirinanın yem değeri ile ilgili de çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Boza vd. 1970; Nefzaoui vd. 1983; Hadjipanayiotou 1994, 1999; Martin Garcia vd. 2003, 2004; Molina Alcadie vd. 2003a, b; Chiofalo vd. 2004). Ülkemizde ise pirina ile ilgili yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

2.3. Biyokömür ve Pirinanın Tarımda Kullanımı İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Hemen hemen bütün bitkisel ve hayvansal atıklar kullanılarak biyokömür materyali elde ediliyor olmasına rağmen, her bir materyalin uygunluğu çeşitli kimyasal, fiziksel, ekonomik ve çevresel faktörlere bağlı olmaktadır. Yapılan çalışmalar biyokömür içerisindeki bileşenlerin toprakta yüzlerce hatta binlerce yıl kalabileceğini göstermektedir. Yani biyokömür'ün organik maddesi toprakta oldukça daha uzun bir süre ile tutulabileceği belirtilmektedir. Bu yüzden özellikle karbon zenginleşmesi bakımından biyokömür uygulaması oldukça önemlidir. İçine katıldığı toprağın hava almasını ve köklerin toprak içinde daha kolay hareket etmesini sağlayarak biyokömür toprak kalitesini arttıran doğa dostu bir üründür.

Biyokömür'ün özellikleri büyük oranda elde edildiği biyokütlenin özelliklerine bağlıdır. Biyokömür'ün besin elementi içeriği orijinal materyalin bileşimine (Abdullah

vd. 2010; Yip vd. 2010), başlangıç materyalinin nem içeriğine (Yip vd. 2007), piroliz üretim koşullarına (Hossain vd. 2011) ve piroliz sonrası elde edilen ürünün tabi tutulduğu koşullara (Azargohar ve Dalai 2008) bağlı olarak değişmektedir. Belirli bir materyalden yapılan biyokömür'ün dahi besin elementi içeriği piroliz öncesi besin elementi içeriğinden daha yüksek (Abdullah vd. 2010) veya daha düşük (DeGroot vd. 1991) olabilir.

Biyokömür uygulamasının üzerinden zaman geçtikçe yani uygulanan biyokömür yaşlandıkça biyokömür'ün okside olması ve karboksil gruplarının oluşumunun artması beklenmektedir. Bu gruplar ise çeşitli bileşenlerin adsorpsiyonu için uygun yüzeyler barındırmaktadırlar. Biyokömür'ün toprakta kalma süresi uzadıkça, toprakta bulunan metalik katyonların, oksijen-anyonların ve organik bileşiklerin bağlanacağı yüzeyler de artacaktır. Bu nedenle, biyokömür'ün fonksiyonları yaşlanması ile birlikte büyük bir olasılıkla değişkenlik gösterecektir (Laird vd. 2010).

Biyokömür hammaddeleri organik ve inorganik içerikli olmak üzere iki kısımdan oluşur. Biyokömür hammaddelerin pirolizi sonucunda organik madde bozunur, karbon ve mineral kalır. Karbon ve mineral içerikli bu karışım biyokömür'ü oluşturmaktadır. Bu nedenle; mineral içeriği bakımından yüksek olan her organik madde, ısıtma işlemi tabi tutulduğunda biyokömür elde edilir. Odun yongası, mısır koçanı, pirinç kabuğu, fıstık kabuğu, ağaç kabuğu gibi tarımsal atıklar, işlenmiş kağıt atığı, hayvan gübresi, kentsel atıklar, ormansal biyokütle atıkları vb. atıklar biyokömür üretiminde hammadde kaynağı olarak kullanılabilir. Fakat; biyokömür üretimi için hammadde seçiminde bazı hususlara dikkat edilmesi gerekir. Bu hususlar; besin maddesi içeriği (kullanılabilirliği), pH, kirletici maddeler (ağır metaller, toksinler), partiküllerin boyut dağılımıdır (Ni vd. 2006; Lehmann 2007a; Winsley 2007; Liffle 2009).

Biyokömürler hemen hemen her toprak çeşidini iyileştirmek için kullanılabilir. Toprağa biyokömür ilavesi toprak özelliklerine de bağlı olmakla birlikte su ve besin elementi tutumu veya mikrobiyal aktivite (Atkinson vd. 2010; Lehmann vd. 2011) gibi özelliklere direkt etki etmektedir. Besin elementince fakirleşmiş olan toprakların yeniden canlandırılması amacı ile uygulanacak olan biyokömür'ün toprakta tutulan besin elementi miktarını ve toprağın besin elementi tutabilme kapasitesini artırması beklenmektedir (Sohi vd. 2010). Biyokömür'ün toprak özelliklerine olumlu etkilerinin yanında bitki verimine etkileri konusunda da oldukça fazla sayıda çalışma yapılmıştır.

Toprağa uygulanan biyokömür toprağın fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiği gibi, toprakların maruz kaldığı ağır metal kirliliğine karşıda koruma mekanizması olarak görev yapmaktadır. Biyokömür'ün benzersiz özelliklerinden birisi olan yüksek katyon tutma seviyesi, biyo çeşitliliği artırarak ağır metal stresini azaltmada fonksiyon sağlamaktadır (Zhang vd. 2014). Yapılan birçok araştırmada da toprakların kadmiyum stresini önlemede biyokömür'ün pozitif etki yaptığı belirtilmektedir.

Zhou vd. (2008) pamuk sapından elde edilen biyokömür'ün kadmiyumla kirlenmiş topraklarda daha fazla kadmiyum tutma yeteneğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. İkinci olarak, biyokömür'ün topraktaki fiziksel stabiliteyi artırması (Cui vd.

2004), Cd hareketini engellemesi (Hua vd. 2009) ve Cd'un morfolojik yapısını değiştirmesi yoluyla biyolojik etkisini azalttığı belirlenmiştir (Zhang vd. 2014).

Liang vd. (2006), tarafından yapılan bir çalışmada daha yüksek yüzey alanı, negatif yüzey yükü ve yk yoğunluğundan dolayı biyokömür'n besin elementi tutma yeteneğinin doğal organik maddeye oranla çok daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Biyokömür zerine yapılan araştırmaların genellikle düşük pH değerine sahip topraklarda pH artışını sağlamak (Van Zwieten vd. 2010) veya katyon değişim yüzeylerinde besin elementi tutunmasını artırmaya odaklandığı görülmektedir (Liang vd. 2006). Bununla birlikte, toprağa ilave edilen biyokömür'n toprağın strüktürünü (Rilling ve Mummey 2006) ve besin döngüsü (Steiner vd. 2008) zerine de olumlu etkiler yaptığını böylelikle de toprağın üretkenlik fonksiyonunu olumlu yönde etkilediğine dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Warnock vd. 2007).

Atila (2015), hidrotermal karbonlaştırma (HTK) yöntemi ile gıda endüstrisi atığı olan portakal küspesinden, toprak iyileştirici olarak kullanılan biyokömür üretimini incelemiştir. Bu amaçla, farklı sıcaklıklar (175, 190, 225 ve 260 C) ve srelerde (30, 60, 90 ve 120 dakika) portakal küspesinin karbonizasyonu gerçekleştirilmiştir. HTK prosesi sonunda yüksek karbon içerikli katı ürün (biyokömür / hidrokmr), sıvı ürün (sulu ozelti) ve az miktarlarda gaz ürün elde edilmiştir. Çalışmada hidrotermal yöntemle elde edilmiş biyokömürlerin elementel bileşimi ve su tutma kapasitesi gibi özellikleri tayin edilmiştir. Ayrıca sulu ozeltideki, şeker bileşiklerinin, aldehitlerin, organik asitlerin ve fenolik bileşiklerin tayinleri, kimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam organik karbon, pH ve elektriksel iletkenlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hidrokmrlerin, C/N, O/C ve H/C oranları, pH koşulları, ağır metal analizleri ve besin içerikleri göz önüne alındığında toprak iyileştirici olarak kullanımlarının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Free vd. (2010), Yeni Zelanda'da yapmış oldukları çalışmada, okaliptüs, mısır koçanı, taze am ve söğüt kullanarak 550 C'de ürettikleri biyokömürün ince kumlu ve ince tınlı iki toprakta ki mısırın çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 20 cm derinliğe verilecek şekilde hesaplanan 0, 2.5, 5.0 ve 10 ton/ha düzeyindeki biyokömür' kullanmışlardır. Çalışma sonunda, farklı biyokömürlerin ve dozlarının mısır tohumunun çimlenmesini kontrole göre önemli düzeyde etkilediği belirtilmiş ve biyokömür'n toprakta karbon depolanması ve toprağın kalitesinin arttırılması adına oldukça önemli etkileri olduğu rapor edilmiştir.

Amerika'nın güney doğusunda yer alan organik madde içeriği ve verimliliği düşük Ultisol'lere (Kandiudults) uygulanan fıstık kabuğu ve am atıklarından üretilen biyokömür'n, topraktaki besin elementi içeriğine, mısırın (*Zea Mays L.*) beslenme durumuna ve verimine etkileri Gaskin vd. (2010) tarafından, iki yetiştirme sezonu boyunca araştırılmıştır. Araştırmacılar biyokömür dozlarını 0, 11 ve 22 M ha⁻¹ olacak şekilde düzenleyerek biyokömür' azotla ve azot olmadan uygulamışlardır. Bu çalışmada, artan düzeylerdeki am biyokömürü uygulamalarının toprağın pH'sını düşürdüğü ve kalsiyumun yarayışlılığını arttırdığı, fakat araştırmanın ilk yılında am biyokömür dozu artışı ile mısır veriminin azaldığı ifade edilmiştir. Çalışmada fıstık kabuğu uygulamasının toprağın ilk 15 cm derinliğindeki Ca, Mg, ve K seviyesini

arttırdığı bildirilirken en yüksek biyokömür dozunda ise verimde azalma olduğu rapor edilmiştir.

Majeed (2014), üç farklı biyokömür çeşidinin (çam, kavak ve meşe), dört biyokömür dozunun (0, 1, 2 ve % 4) ve dört farklı azot dozunun (0, 70, 140 ve 210 mg kg⁻¹) toprak verimliliği, mısır bitkisinin gelişimi, besin maddeleri alımı ve anti-oksidadant enzim aktiviteleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacı, uygulamaların etkilerinin ölçülen parametreler için önemli bulunduğunu, biyokömür çeşidinin ölçülen toprak ve bitki parametrelerini önemli ölçüde etkilediğini bildirmiştir. Bitki kuru madde verimi ve enzim aktiviteleri göz önüne alındığında kavak biyokömürünün çam ve meşe biyokömürlerine göre daha etkili olduğu ifade edilmiştir. Biyokömür uygulama dozu arttıkça toprakta alınabilir P, K, Na ve Zn ile pH, EC ve organik madde değerlerinin arttığı fakat kireç içeriğinin azaldığı bildirilmiştir. Biyokömür uygulamaları ile bitki kuru maddesi, enzim aktivitesi ve yaprak N, K, Ca ve Zn içeriğinde de artışlar saptandığı belirtilmiştir. Azot uygulamaları ile yaprak N içeriğinin arttığı ve en yüksek yaprak kuru madde ağırlığının 210 mg kg⁻¹ N azot dozu ile gerçekleştiği bildirilmiştir. Yaprak kuru madde miktarı baz alındığında en iyi interaksiyonun; %2 kavak biyokömür'ü uygulaması ile 140 mg kg⁻¹ N uygulamalarının bir kombinasyonu olarak ortaya çıktığını bildirmiştir.

Bayram (2016), farklı tarımsal atıklardan üretilen biyokömürlerin yüksek kation değişim kapasitesi (KDK), spesifik yüzey alanı (SYA), su tutma kapasitesi ve zengin besin elementi içeriğinden dolayı toprakların çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiğini belirtmiştir. Araştırmacı tarafından yapılan bir çalışmada, 22 farklı biyokütlenin tarımsal potansiyel faydaları araştırılmıştır. Araştırmacı yavaş piroliz ile üretilmiş olan biyokömürlerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiş ve karşılaştırmalar yapmıştır. Biyokömürler 500 °C de kül fırını içerisine yerleştirilen ağzı kapalı kaplarda üretilmiştir. Biyokömürler, spesifik yüzey alanı (SYA), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), bitkiye yarayışlı su içeriği (YSI), pH, elektriksel iletkenlik (EC), KDK, toplam karbon (TC), toplam azot (TN), bitkiye yarayışlı fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) konsantrasyonları bakımından analiz edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler hammaddeye bağlı olmakla birlikte üretilen bir kısım biyokömürlerin besin elementi kaynağı olma ve aynı zamanda toprağın kalitesini artırma potansiyelinin olduğu belirlenmiştir.

Harter vd. (2014), tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek sıcaklıklarda elde edilen biyokömür'ü farklı dozlarda toprağa uygulayarak topraktaki azot fiksasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyonla ilgili mikrobiyal fonksiyonel genlerin (sırasıyla nif H, amo A, nir K, S ve nos Z) değişimi izlenmiştir. Çalışmada; biyokömür uygulamasının nos-Z geni sentezini önemli ölçüde arttırarak toprakta nitroz oksit salınımının artmasına sebep olduğu bildirilmiştir.

Killi (2008), yapmış olduğu araştırma ile zeytin katı atığı (pirina)'nın toprak kalitesi üzerine etkileri ve tarımda toprak düzenleyici olarak kullanım olanakları adlı çalışmasında pirinayı ham ve kompostlaştırarak farklı dozlarda toprağa uygulamış ve bazı toprak özellikleri (hacim ağırlığı, porozite, su tutma karakteristiği, su iletkenliği) üzerine etkileri ile bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Çalışmada uygulamaların etkinliğini görebilmek adına test bitkisi olarak domates

yetiştirilmiştir. Deneme sonunda, pirina ve pirina kompostunun bitki ve bitki kök gelişimi ile toprakların test edilen fiziksel özellikleri üzerine olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Mahmoud vd. (2012), yapmış oldukları çalışma ile 5-15 yıl süre boyunca toprağa zeytin katı atığının uygulanması ile toprak agregat stabilitesini artırdığını diğer taraftan, Zhang vd. (2014), biyokömür uygulamalarının toprağın hacim ağırlığını azalttığını ve kök büyümesi için olumlu şartlar oluşturmaya yardımcı olduğunu bildirmişlerdir.

Houben vd. (2013), toprağa 4 farklı dozda (% 0, % 1, % 5 ve % 10) biyokömür uygulaması yaparak dört hafta inkübasyona bırakmışlardır. İnkübasyon sonunda toprakta kolza yetiştirmişler ve elde ettikleri sonuçlara göre kolza bitkisinin yeşil aksam Zn konsantrasyonunun kontrol uygulamasında 136 mg kg^{-1} iken diğer biyokömür uygulamalarında ise sırası ile 116, 64 ve 18.2 mg kg^{-1} 'a kadar düştüğünü bildirmişlerdir.

Lucchini vd. (2014), toprağa üç farklı dozda (0, 25 ve 50 t/ha) biyokömür uygulaması yapmışlar ve bu toprakta buğday bitkisi yetiştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre uygulanan biyokömür dozu arttıkça bitkinin yeşil aksam Zn konsantrasyonlarında artış ve azalmaların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar biochar uygulaması yapılmayan bitkilerin Zn konsantrasyonu 65.1 mg kg^{-1} iken bu değer 25 t ha^{-1} dozunda 67.1 mg kg^{-1} 'e çıkmış, 50 t ha^{-1} dozunda ise 49.1 mg kg^{-1} 'e düştüğünü bildirmişlerdir.

Al Wabel vd. (2014), mısır bitkisi yetiştirilen toprağa 4 farklı dozda (0, 1, 3 ve 5 g kg^{-1}) biyokömür uygulaması yaptıkları bir çalışmada, mısır bitkisinin yeşil aksam Mn konsantrasyonunun kontrol uygulamasında 62.5 mg kg^{-1} iken biyokömür'ün 1 g kg^{-1} dozunda 43.4 , 3 g kg^{-1} dozunda 34.9 ve 5 g kg^{-1} dozunda ise 30.5 mg kg^{-1} olduğunu bildirmişlerdir.

Yuan vd. (2010), farklı sıcaklık değerlerinde ($300, 500$ ve $700 \text{ }^\circ\text{C}$) kanola kamışı, mısır, soya ve fısıktan elde edilen biyokömürlerdeki alkalın formlarını kısıtlı oksijen piroliz yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; yüksek sıcaklıklarda elde edilen biyokömürlerin alkalın bileşenler olarak en fazla karbonat içeriğine sahip olduklarını bununla birlikte düşük sıcaklık değerlerinde üretilen biyokömürlerin alkalın özelliklerinin ise genellikle $-\text{COO}(-)$ ($-\text{COOH}$) ve $-\text{O}(-)$ ($-\text{OH}$) gibi fonksiyonel grupların varlığından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Jha vd. (2005), biyokömürün toprakta ayrışma oranının yavaş olduğunu ve bu sayede yüksek miktarlarda olan CO_2 miktarının azaltılabileceğinin mümkün olduğunu söylemişlerdir. Biyokömür'ün tarımsal topraklara gübre ile birlikte uygulandığı zaman önemli faydalarının ortaya çıktığını belirtmişler, kimyasal gübre ile biyokömür uygulamasının ürün veriminde % 45-250 arasında bir artış sağladığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte toprakların su tutma kapasiteleri ile besin maddelerinin alınabilirliğinin biyokömür uygulamasıyla arttığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar ayrıca biyokömür uygulamalarının CO_2 solunumunu, nitrozoksit ve metan üretimini azalttığını, toprakta herbisit (yabancı ot) yayılım oranını düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Lucchini vd. (2014), biyokömür uygulamalarının toprakların ağır metal içeriği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada 25 ve 50 t ha⁻¹ düzeyindeki biyokömürü toprağa uygulamışlardır. İki yıl sonra verilen uygulama dozunu iki katına çıkartarak (50 ve 100 t ha⁻¹) tekrar toprağa biyokömür uygulamışlardır. Yapılan uygulamalar sonrasında topraktaki ağır metal (As, Cu, Zn, Cd, Ni) miktarı ile fasulye ve arpa bitkisindeki ağır metal konsantrasyonları araştırılmıştır. Çalışmada, orman rezidülerinden üretilen biyokömürün doğası gereği düşük ağır metal içeriğine sahip olduğu ve uygulamalarda ürün ya da toprak kalitesi üzerine olumsuz etkilerinin görülmemesinden dolayı düşük bir riske sahip olduğu belirtilmiş ve her ne kadar toprakta ki ağır metal konsantrasyonlarında küçük değişikliklere sebep olsa da toprak ya da bitkilerdeki toplam ağır metal konsantrasyonlarının değişmediği bildirilmiştir. Araştırmacılar farklı orman ağaçlarının kalıntılarında (*Fraxinus excelsior* L., *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L.) elde edilmiş biyokömür uygulamalarının toprakta ki ağır metallerin konsantrasyonlarını, tekrar eden uygulamalardan sonra bile arttırmadığı böylece tarımda güvenli bir şekilde kullanılabileceğinin sonucuna varmışlardır.

Zhang vd. (2010) tarafından, biyokömür uygulamasının çeltik tarımı yapılan topraklardaki Metan (CH₄) ve Nitroz Oksit (N₂O) emisyonları ile çeltik verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada 0 , 10 ve 40 t ha⁻¹ düzeylerindeki biyokömür geleneksel su rejimi altında azotlu gübre ile veya gübresiz uygulanarak toprağın CH₄ ve N₂O konsantrasyonları kapalı-tank (closed-chamber) metodu ile tüm çeltik yetiştirme sezonu boyunca 10 günlük zaman aralığında izlenmiştir. Çalışmadaki 10 t ha⁻¹ ve 40 t ha⁻¹ lık biyokömür uygulamalarının çeltik verimini; azot uygulaması yapılmış toprakta % 12-14 'e kadar, azot uygulaması yapılmamış alanda ise % 8.8- 12.1'e kadar arttırdığı bildirilmiştir. 40 t ha⁻¹ düzeyinde biyokömür uygulanan topraklarda ki toplam CH₄-C emisyon miktarının, biyokömür uygulaması yapılmayan alanlar, azot gübresi uygulanan ama biyokömür uygulanmayan ve hiç gübre uygulanmayan alanlara kıyasla sırasıyla % 34 ve % 41'e kadar arttığı belirtilmiştir. Ancak toplam N₂O emisyonları, biyokömür ve azot gübresi uygulanan topraklarda hiç gübre uygulanmayan topraklara kıyasla sırasıyla % 40-51 ve %21-28'e kadar hızlı bir şekilde azaldığı bildirilmiştir. Çalışma ile biyokömürün çeltik verimini önemli derecede arttırdığı ve N₂O emisyonunu azalttığı, fakat CH₄ emisyonlarını artırdığı sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmaya göre çeltik tarlalarına biyokömür uygulanması ile sera gazı emisyonlarını azaltmada potansiyel olarak başarılı olunabileceği bildirilmektedir.

Asai vd. (2008) tarafından, Kuzey Laos bölgesinde pirinç (*Oryza sativa* L.) üretilen alanlara yapılan biyokömür uygulaması ile toprakların fiziksel özellikleri, yaprak klorofil içeriği ve tane verimi araştırılmıştır. Çalışma Kuzey Laosun yayla koşullarında ki 10 bölgede gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 0 ve 16 t ha⁻¹ düzeylerinde gerçekleştirilen biyokömür uygulama dozları ile N ve P'li gübre uygulamaları yapılmış ve çeltik bitkisi (geliştirilmiş ve geleneksel) üzerine olan etkileri incelenmiştir. Biyokömür uygulamaları ile üst toprağın doymuş hidrolik iletkenliğinin arttığı ve pirinç bitkisinin ksilem öz suyu akışının geliştiği bildirilmiştir. Araştırmacılar biyokömür uygulaması ile düşük P kullanılabilirliği olan bölgelerde daha yüksek hububat veriminin görüldüğünü bildirmişler ve N ile P içerikli her iki kimyevi gübrenin biyokömür ile uygulanması halinde ise daha iyi sonuçlar elde edildiğini belirtmişlerdir. Ancak sadece N uygulanması halinde topraklarda tahıl veriminin azalabileceği, ilave N gübrelemesi olmadan sadece biyokömür uygulaması ile muhtemelen toprakların N durumlarında ve

yaprakların klorofil değerlerinde bir azalma olabileceği bildirilmiştir. Bu sonuçlara göre araştırmacılar, Kuzey Laos yaylalarında pirinç üretimi yapılan alanlarda biyokömür uygulamasının toprak verimliliğini arttırmak için bir potansiyele sahip olduğu ancak biyokömür uygulamalarının etkisinin toprak verimliliği ve gübre yönetimine son derece bağımlı olduğunun sonucuna varmışlardır.

Lu vd. (2014) tarafından, çeltik anızından elde edilen biyokömürün ve uçucu kömür küllerinin genişleyebilir killi toprağın (vertisol) bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, biyokömürün ve kömür küllerinin uygulandığı toprağın agregat stabilitesi ve oluşumu, gözenek büyüklük dağılımı, su tutma kapasitesi, şişme büzülme, kıvam limiti ve gerilim direnci değerlerindeki değişim belirlenmiştir. Çalışmada biyokömür ve uçucu kömür külleri ağırlıkça % 2.4 ve % 6'lık düzeylerde uygulanarak sera ortamında 180 günlük inkübasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre uçucu kömür küllerinin makro agregat oluşumu üzerine etkisi önemli bulunmazken, biyokömür uygulamalarının 0.25 mm'den daha geniş çaptaki makroagregatları önemli düzeyde arttırdığı, 0.25 mm 'den daha küçük çaptaki mikroagregat miktarını ise azalttığı bildirilmiştir. Diğer taraftan biyokömür ve uçucu kömür küllerinin uygulandığı topraklar kontrol toprağına kıyasla önemli derecede daha yüksek ortalama agregat ağırlık çapına sahip oldukları belirtilmiştir. Araştırmacılar agregat stabilitesindeki artışın, farklı genişleme özelliğine sahip killerin mekaniksel dağılıma karşı göstermiş oldukları dayanıklılık ile ilişkilendirilebileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca biyokömür uygulanmış toprağın daha fazla su tutma kapasitesine ve daha yüksek yarayışlı su kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Biyokömür ve uçucu kömür küllerinin uygulandığı toprakların gözenek büyüklük dağılımında, mezapor (6 ve 45 µm arasındaki gözenek hacmi) oluşumunun arttığı; toprakların kontrol topraklarına göre oldukça yüksek poroziteye sahip olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar biyokömür ve uçucu kömür küllerinin mikroagregatları bir arada tutarak makro agregatları oluşturduğu bu oluşum mekanizmasında karbon ve uçucu kül partiküllerinin kil mineralleriyle daha büyük kompleksler oluşturarak killi toprakların gözenek büyüklük dağılımına etki ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı zamanda, biyokömür ve uçucu kömür küllerinin toprak gerilim direnci ile liner esneklik katsayılarını önemli derecede düşürdüklerini belirtmişlerdir. Toprağına % 6 düzeyinde yapılan biyokömür uygulamalarının toprak gerilim direncini 936.8 kPa'dan 353.6 kPa'ya ve liner esneklik katsayısını 0.63'den 0.56'ya düşürdüğü belirtilmiştir. Tüm bu elde edilen veriler göstermektedir ki biyokömür ve uçucu kömür küllerinin toprağına uygulanması ile killi toprakların yetersiz fiziksel özelliklerini iyileştirmede potansiyel toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilmesi, killi toprakların şişme-büzülme statüsünü ve fiziksel kalitesini arttırabileceği sonucuna varılmaktadır.

Jones vd. (2011), biyokömürün etkileri konusunda yapılan bir çok çalışmanın biyokömürün kısa vadede ki toprak üzerine etkilerini içerdiği, uzun dönem etkilerinin ise nispeten daha az sayıda incelendiğini belirtmişlerdir. Bu amaçla biyokömürün ürün performansı üzerine çok yıllık etkisi ile toprağın karbon (C) ve azot (N) döngüsü üzerine etkisi araştırılmıştır. Üç yıl süren çalışmada biyokömür 0.25 -50 t ha⁻¹ düzeyinde toprağına uygulanmış ve uygulama yapılan alanda 1 yıl süreyle mısır yetiştirilirken 2-3 yıl süreyle çim ekimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada biyokömür uygulamalarının, çim bitkisinin azot içeriğinde ve toprak biyokütle miktarında önemli artışlar sağladığı bildirilmiştir. Toprağına uygulanan biyokömür toprak solunumunu, fungal ve bakteriyel

büyüme oranını arttırmıştır. Fakat biyokömür uygulamalarının C¹⁴ işaretli toprak organik maddesinin geri kazanımındaki etkisinin sınırlı olduğu, azot mineralizasyonunda, NH₃ volatilizasyonunda, şekerler, organik asitler, aminoasit miktarı, denitrifikasyon düzeyi ve NH₄ emiliminde ki uzun vadeli etkilerinin görülmediği bildirilmiştir. Araştırmacılar 3 yıl sonra alkali özellikteki biyokömürün tam olarak nötrale edilmiş olduğunu, biyokömürün katyonlarının çoğunu kaybetmiş olmasına rağmen mikrobiyal topluluğun topraktaki miktarının arttığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, toprağa biyokömür uygulamalarının ılıman ekosistemde küçük ve potansiyel değişikliklere neden olduğu belirtilmiş, biyokömürün kısa dönemde bitki gelişimi üzerine birçok etkisinin olduğu ancak uzun süreli tarla denemelerine ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır.

Laird vd. (2010b) tarafından, yapılan bir çalışmada biyokömür uygulamalarının toprakta besin elementi yıkanımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Son derece bozulmuş tropikal topraklara biyokömür uygulanmasının toprak kalitesini ve bitki besin elementi yıkanmasını azalttığını bildirmişlerdir. Ancak ılıman bölge topraklarında gerçekleştirilen biyokömür uygulamalarının bu etkisinin az bilindiğini ve bu nedenle araştırmacılar amaçlarının tipik orta batı tarımsal topraklarına domuz gübresi eklenmesini takiben bitki besin elementlerin yıkanması üzerine biyokömürün etkisini ölçmek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma süresince 5 g kg⁻¹ kurutulmuş domuz gübrelili yada gübresiz; 0, 5, 10 ve 20 g kg⁻¹ dozlarında biyokömür içeren toprak sütunlarının 45 hafta sürecince haftada bir yıkandığını belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan biyokömür düzeyi arttıkça, toprak sütunlarından yıkanan N, P, Mg ve Si miktarlarında önemli derecede azalma olduğu bildirilmiştir.

Quilliam vd. (2012) tarafından, yapılan bir çalışma ile ılıman bir tarım toprağında, toprak kalitesi, ürün verimi, yabancı ot çıkışı, mikrobiyal büyüme üzerine en uygun biyokömür inkübasyon süresi ve uygulama dozu araştırılmıştır. Çalışmada bu amaçla oluşturulan parsellere 3 farklı dozda (0, 25 ve 50 t ha⁻¹) ağaç kalıntılarında elde edilen biyokömür uygulanmış ve uygulamadan 3 yıl sonra parseller tekrar bölünerek biyokömür iki katı oranda tekrar uygulanmıştır. (0, 50 ve 100 t ha⁻¹). Toprakta 3 yıllık bir bekleme süresinden sonra, biyokömür uygulanmış ve uygulanmamış parseller arasında, toprak bitki besin miktarında, mikrobiyal gelişimde, mikorizal kolonizasyonda ve ot çıkışında önemli bir fark görülmediği bildirilmiştir. Bunun aksine biyokömürün tekrar uygulanması ile bazı toprak kalite parametrelerinde (PO₄³⁻, K⁺ ve Ca²⁺, toprak gözenek miktarı, toprak nemi, organik madde ve E.C) artış gözlemlendiği; mikrobiyal büyüme, mikorizal kök bölgesindeki artış ve yabancı ot çıkışının engellenmesi üzerine önemli etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar altında tarımsal yönetim kararları verilirken iklim değişikliği etkilerinin azaltılması stratejilerine veri sağlamak, küresel ısınmayı önlemek adına daha uzun süreli arazi çalışmalarının yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Al-Widyan vd. (2005), toprağın fiziksel özellikleri üzerine zeytin pirinasi uygulamalarının etkisini araştırdıkları çalışmada Ürdün'de zeytin yetiştiriciliği yapılan alanlarda çok miktarda zeytin artığının ortaya çıktığını ve kirlilik oranının artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada toprak iyileştirici olarak zeytin pirinasi kullanılmış ve toprakta suyun tutulması, gözeneklilik ve infiltrasyon gibi toprak fiziksel özellikleri 2 farklı tekstüre sahip (kil, siltli tın) toprakta incelenmiştir. Topraklara 3 farklı zeytin pirinasi dozu uygulanmıştır (% 2, % 4, % 8). Zeytin pirinasi

uygulamalarını kontrol grubuyla kıyaslayarak (uygulama yapılmamış toprak) toprağın fiziksel özellikleri üzerine önemli etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Toprak özelliklerindeki değişikliklerin uygulama dozunun artmasıyla paralellik gösterdiğini belirtmişlerdir. Toprağa uygulanan % 8 zeytin pırasası dozu ile siltli tın tekstüre sahip topraklarda gözeneklilik ve toprakların su alım miktarlarında %34.3 ‘den % 36.5’e kadar aşamalı olarak artışların olduğunu, killi tekstüre sahip topraklarda ise gözeneklilik ve toprakların su alımı miktarları % 27.1 ken % 35’e kadar aşamalı olarak arttığını bildirmişlerdir. Bunlara ek olarak killi ve siltli tın tekstüre sahip her iki toprakda % 8 düzeyindeki zeytin pırasası uygulanmasıyla toprakların su tutma kapasitesinin % 10.3 ‘den % 16.5 değerlerine ulaştığını belirtmişlerdir.

Garcia vd. (2011), Güney İspanyada zeytin yetiştiriciliği yapılan alanlarda ki zeytin atıklarının toprak katmanlarına etkisi ve erozyonla olan toprak kayıplarının etkisini incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada yağmur suyuyla aşırı sulanan zeytinliklerdeki toprak erozyonunu ve toprak özellikleri üzerine olan etkisini belirlemek için 2 farklı zeytin atığını (zeytin yaprakları ve ‘alperujo’) toprağa uygulamışlardır. Çalışmadan 3 yıl sonra bu atıkların kontrollü uygulanması ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde olumlu etkiler sağladığını belirtmişler ve toprakların organik madde içeriğinin, kütle yoğunluğunun ve porozite (gözenek) miktarının arttığını bildirmişlerdir. Bitkiler tarafından alınabilir su miktarı topraklara zeytin yapraklarının uygulanmasıyla artış gösterirken alperujo uygulanması ile toprakların alınabilir su miktarında düşüşler olduğu belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yağmur suyuyla sulanan zeytinliklerde, zeytin atıklarının toprağa uygulanması ile yağmur suyuna karşı toprakların infiltrasyon yeteneğinin geliştiği ve yüzeysel akış engellenerek yağmur damlalarının toprağa girişindeki artışın engellendiği bildirilmiş ve özellikle çıplak topraklara uygulanan zeytin yapraklarının yetiştiricilik yapılan topraklarla karşılaştırıldığında toprak kayıplarında azalma olduğu sonucuna varılmıştır.

Garcia-Ruiz vd. (2012), zeytin tarlalarına uygulamış oldukları pirina materyalinin 16 yıl sonra toprak verimliliği üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışma ile zeytin pırasasının uzun yıllar uygulanması ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri açısından önemli gelişmelerin sağlandığını bildirmişlerdir. Çalışmanın yapıldığı alana zeytin pırasası uygulanmış ve toprak özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Zeytinliklerden her yıl yapılan uygulamalarla birlikte 4. 6. 9. ve 16. yıllarda örneklemeler yapılmış, toprak fizikokimyasal özellikleri ve asit-fosfotaz, β -glukosidaz, protaz, invertaz ve dehidrogenaz gibi toprak enzimleri analiz edilmiş bunun sonucunda gübreleme yapılmayan zeytinliklerle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toprak organik maddesi, azot, alınabilir fosfor, kation değişim kapasitesi, agregat stabilitesi ve değişebilir potasyum oranı gübreleme yapılan alanlarda %1.4 ile %3.3 arasında değişkenlik göstererek arttığını, toprak enzim aktivitelerinin ise gübreleme yapılmamış topraklara göre % 180 ve % 240 aralığında artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak zeytin tarlalarına zeytin pırasasının uygulanması ile toprak kalitesinin iyileştiği ve toprakların verimliliklerinin arttığı bildirilmiştir.

Moreno vd. (2015), yoğun şekilde tarımsal üretim yapılan sera topraklarına zeytin atığı uygulayarak toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Yürütmüş oldukları çalışmada iki uygulama tesadüf deneme planına göre gerçekleştirilmiş (30 Mg ha⁻¹ zeytin atığı kompostunun yıllık

uygulanması ya da hiç uygulama yapılmadan) ve 5 yıl boyunca aynı uygulama 3 kez tekrarlanmıştır. Zeytin atığının etkisi iki farklı toprak derinliğinde (0-10 ve 10-25 cm) ve iki durumda (sıra arası ve sıra üzeri) çalışılmıştır. Çalışma sonucuna göre, zeytin atığının uygulandığı degrede olmuş toprakların organik madde ve organik karbon içeriğinin arttığı bildirilmiştir. Organik maddenin artışı kütle yoğunluğunun azalmasını sağlamış aynı zamanda toprakların porozite (gözeneklilik) miktarının arttığı ve bitkiler tarafından suyun alınımının arttığı belirtilmiştir. Araştırmacılar uygulamaların bitki besin maddelerinin alınımında da etkili olduğunu belirtmişler ve üreaz enzimi dışında tüm enzimleri arttırdığını bildirmişlerdir.

Killi vd. (2014) tarafından, farklı tekstüre sahip tarım topraklarının su tutma kapasiteleri, bozulmuş toprakların ıslahı ve bitki gelişimi için gerekli olan yararlı su miktarı üzerine zeytin pırınası uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar toprağa uygulanan organik girdilerin artması ile, toprakların hava kapasitesini arttırdığını, kumlu killi tınlı tekstüre sahip topraklarda bitki büyümesi için gerekli suyun alınımını sağladığı, hidrolik iletkenlik ve hava kapasitesini arttırdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde tınlı kum tekstüre sahip olan topraklarda da pırına uygulamasının artışı ile toprak fiziksel özellikleri üzerinde artışlar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Topraklara uygulanan pırınanın uygulama dozu arttıkça, toprakların ıslahı, bozulmuş toprakların iyileştirilmesi ve organik madde bakımından fakir olan verimsiz topraklarda etkili bir yöntem olarak uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde yapılan araştırmaya dair kullanılan materyaller, arazi ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemlerle ilgili bilgilere yer verilmektedir.

3.1. Materyal

Çalışmada; zeytin pirinası ve zeytin pirinasından elde edilmiş olan biyokömür deneme materyali olarak kullanılmıştır.

3.1.1. Denemede kullanılan pirina materyali

Yapılan çalışmada kullanılan pirina Manisa'nın Soma ilçesindeki bir zeytinyağı fabrikasından temin edilmiştir. Elde edilen materyale ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1' de ve temin edilen pirinaya ait görsel ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Zeytin pirinasının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz Edilen Parametreler	Değer
Organik Madde (%)	97.52
Organik Karbon (%)	56.69
pH (1/5 pirina-su)	6.19
EC (1/5 pirina-su) (dS m ⁻¹)	1.52
Nem (%)	9.05
C/N	37
Toplam N (%)	1.528
K (%)	0.661
Na (%)	0.004
Ca (%)	0.400
Mg (%)	0.048
P (mg kg ⁻¹)	573.9
Fe (mg kg ⁻¹)	166.3
Zn (mg kg ⁻¹)	5.035
Mn (mg kg ⁻¹)	10.21
Cu (mg kg ⁻¹)	13.07



Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan pirina materyali

3.1.2. Denemede kullanılan biyokömür materyali

Çalışmada kullanılan biyokömür, zeytin pirinasının 400-500 °C'deki pirolizi yoluyla elde edilmiştir. Biyokömür materyali Osmaniye'de pelet üretmek amacıyla kurulmuş olan bir firmadan temin edilmiştir. Elde edilen materyale ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.2'de ve temin edilen biyokömür'e ait görsel ise Şekil 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Zeytin pirinasından elde edilen biyokömür'ün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz Edilen Parametreler	Değer
Organik Madde (%)	85.5
Organik Karbon (%)	49.71
pH (1/5 pirina-su)	8.44
EC (1/5 pirina-su) (dS m ⁻¹)	0.004
Nem (%)	3.95
C/N	42
Toplam N (%)	1.17
K (%)	2.004
Na (%)	0.036
Ca (%)	1.998
Mg (%)	0.208
P (mg kg ⁻¹)	1255
Fe (mg kg ⁻¹)	2287
Zn (mg kg ⁻¹)	96.12
Mn (mg kg ⁻¹)	48.21
Cu (mg kg ⁻¹)	27.82



Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan biyokömür materyali

3.1.3. Denemede kullanılan toprak

Açık tarla koşullarında gerçekleştirilen denemede Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama arazisinin toprağı kullanılmıştır. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

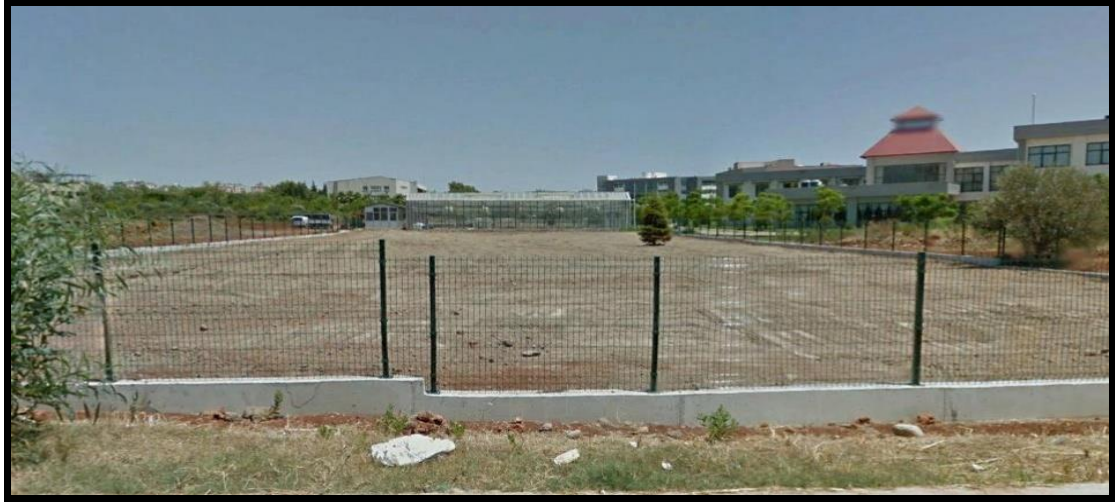
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz Edilen Toprak Özellikleri	Değer
pH (H ₂ O)	7.83
EC (dS m ⁻¹)	0.18
Kum	53.12
Silt	26.72
Kil	20.16
Tekstür	Kumlu Killi Tın
Tarla Kapasitesi (%)	17.78
Solma Noktası (%)	11.88
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	1.60
Agregat Stabilitesi (%) (Makro 2-1 mm)	2.39
Agregat Stabilitesi (%) (Mikro 0.25-0.050 mm)	94.6
KDK (cmol kg ⁻¹)	5.29
Organik Madde (%)	1.36
Organik Karbon (%)	0.79
Toplam N (%)	0.069
Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	32.17
Değişebilir K (%)	0.012
Değişebilir Na (%)	0.0022
Değişebilir Ca (%)	0.330
Değişebilir Mg (%)	0.036
Alınabilir Fe (mg kg ⁻¹)	6.235
Alınabilir Zn (mg kg ⁻¹)	0.116
Alınabilir Mn (mg kg ⁻¹)	8.460
Alınabilir Cu (mg kg ⁻¹)	1.670

3.2. Metot

3.2.1. Arazide denemelerin kurulması ve yürütülmesi

Deneme Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama arazilerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3, Şekil 3.4). Zeytin pirinası ve zeytin pirinasından elde edilmiş biyokömür'ün bazı toprak verimlilik parametreleri üzerine etkilerini incelemek için Çizelge 3.4'de ayrıntıları verilmiş olan uygulama düzeyleri dikkate alınarak deneme kurulmuştur. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş olup, 5 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Deneme; 2 organik materyal x 4 Doz x 5 tekerrür = 40 parsel olacak şekilde oluşturulmuştur. Deneme parsellerinin her biri 1 m²'lik alanlardan meydana gelmektedir ve toplamda 40 m² lik alanda deneme yürütülmüştür.



Şekil 3.3. Arazi denemesinin gerçekleştirildiği alandan genel bir görünüm



Şekil 3.4. Materyallerin uygulanması için hazırlanan parseller

Çizelge 3.4. Denemede kullanılan organik materyallere ait uygulama dozları

Organik Materyaller	Uygulama Düzeyleri (Dozlar)	Kuru Ağırlık	Yaş Ağırlık
		ton da ⁻¹	ton da ⁻¹
Zeytin Pirinası	P ₀	0	0
	P ₁	0.5	0.559
	P ₂	1.0	1.118
	P ₃	1.5	1.677
Biyokömür	B ₀	0	0
	B ₁	0.5	0.525
	B ₂	1.0	1.051
	B ₃	1.5	1.577

Organik materyaller, 250.000 kg/da toprak varsayımından yola çıkılarak Çizelge 3.4'de verilen fırın kuru ağırlık miktarlarına eşit olacak biçimde yaş madde miktarı üzerinden topraklara uygulanmıştır. Deneme parsellerinin oluşturulması ve parsellere belirlenen deneme konularına göre biyokömür ve zeytin pirinası uygulanmasından sonra parseller altı ay süre ile inkübasyona bırakılmış ve bu dönem zarfında parsellerin nem içerikleri belirlenen tarla kapasitesi düzeyinin % 70'i düzeyinde korunması için eşit şekilde sulama yapılmıştır (Şekil 3.5.). Toprağın nem içeriğinin hangi düzeyde olduğu ve sulama zamanının tespitinde elektronik nem ölçme cihazı (Tethogrop-45) kullanılmıştır. Bu dönemde zaman zaman parsel düzenine zarar verilmeden yabancı ot mücadelesi de yapılmıştır (Şekil 3.6). Altı aylık bir inkübasyon sonunda deneme sonlandırılmış ve her bir deneme parselinden uygulamaların etkilerini belirleyebilmek adına bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.

**Şekil 3.5.** Materyallerin toprağın 0-15 cm derinliğine uygulanmasının ardından toprak nem içeriğinin tarla kapasitesinin % 70'i düzeyinde kalacak şekilde sulanması.



Şekil 3.6. Deneme alanında parsellere zarar vermeden yapılan yabancı ot mücadelesi.

Deneme parsellerinden alınan toprak örneklerinde; toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), toprak bünyesi, organik karbon, organik madde, toplam azot (N), alınabilir fosfor (P), demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu), değişebilir potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), hacim ağırlığı, agregat büyüklük dağılımları, agregat stabilitesi, kation değişim kapasitesi (KDK), penetrometre direnci ve toprak su miktarı analizleri yapılmıştır. Söz konusu analizler aşağıda verilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Laboratuvar analiz yöntemleri

3.2.2.1. Deneme topraklarının analiz yöntemleri

Deneme toprakları hava kuru hale getirildikten sonra agregat analizinde kullanılacak örnekler hariç diğer örnekler 2 mm'lik elekten elenip analize hazır duruma getirilmiştir.

A. Toprak Reaksiyonu (pH): Deneme topraklarının pH'ları 1:2.5 oranında toprak: su karışımında pH-metre aleti ile ölçülmüştür (Jackson 1967).

B. Elektriksel İletkenlik (EC): Deneme topraklarının elektriksel iletkenlik değerleri 1:2.5 oranında toprak: su karışımında EC-metre aleti ile ölçülmüştür (Anonymous 1978).

C. Toprak Bünyesi: Deneme toprakların bünyesi Bouyoucos hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1955) belirlenmiştir. Toprak bünyesi tayini; toprağı meydana getiren taneciklerin birbirleri ile olan bağlantılarını ortadan kaldırarak teksel hâle getirmek sureti ile hazırlanan süspansiyon yoğunluğunun Bouyoucos hidrometre ile ölçülmesi ve ölçüm değerlerinden taneciklerin yüzde oranlarının bulunması, metodun prensibini oluşturmaktadır. Analizin yapılışı ile ilgili görsel Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Deneme alanı toprağının tekstürünün Bouyoucos hidrometre yöntemine göre belirlenmesinden bir görünüm

Ç. Tarla Kapasitesi: Toprakların tarla kapasitesi silindire alınan bozulmamış toprak örneklerinde basınçlı membran aleti kullanılarak 1/3 atmosfer basınç altında toprakta tutulabilen su yüzdesi olarak kuru ağırlık esasına göre belirlenmiştir (Demiralay 1993).

D. Solma Noktası: Toprakların solma noktası bozulmuş toprak örneklerinde basınçlı membran aleti kullanılarak 15 atmosfer basınç altında toprakta tutulabilen su yüzdesi olarak kuru ağırlık esasına göre belirlenmiştir (Demiralay 1993). Tarla kapasitesi ve solma noktasındaki nem miktarının belirlenmesine ait görsel Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. Toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası analizlerinin yapıldığı basınçlı tencerelerden bir görünüm.

E. Organik Karbon: Deneme topraklarının organik karbon kapsamı Walkley–Black metoduna göre (Nelson ve Sommers, 1982) belirlenmiştir. Organik karbon tayininde potasyum dikromat, sülfürik asit, fosforik asit ve sodyum florür (NaF) kimyasalları ekledikten sonra amonyum ferro sülfat (AFS) ile titre edilerek harcanan AFS miktarı kaydedilerek hesaplanmıştır.

F. Organik Madde: Elde edilen organik karbon değerlerinin 1.72 sabit değeri ile çarpılmasıyla elde edilmiştir. Yapılan analize ait görsel Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Organik madde analizinin yapıışından bir görünüm

G. Toplam Azot: Deneme topraklarının azot içeriği Modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilmiştir (Kacar 1995); sonuçlar % olarak verilmiştir. Yapılan analize ait görsel Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10. Toprakların N içeriğinin belirlenmesinde kullanılan Kjeldahl yakma setinden bir görünüm.

H. Alınabilir Fosfor: Toprakların alınabilir fosfor miktarları Olsen metoduna göre belirlenmiştir (Olsen ve Sommers 1982).

I. Değişebilir Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum ve Sodyum: Toprakların ekstraksiyonunda 1 N Amonyum Asetat (pH=7) metodu (Kacar, 1995) uygulanmıştır. Ekstraksiyondaki potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum konsantrasyonları Inductively Coupled Plasma Optic Emission Spectrometer=İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES(PE-Optima7000DV)) cihazında belirlenmiştir (Epa 3051, 2007).

İ. Alınabilir Demir, Çinko, Mangan ve Bakır: DTPA ekstraksiyonu yolu ile elde edilen süzüklerde demir, çinko, mangan ve bakır konsantrasyonları Inductively Coupled Plasma Optic Emission Spectrometer=İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES (PE-Optima7000DV)) cihazında belirlenmiştir (Epa 3051, 2007).

J. Hacim Ağırlığı: Deneme topraklarının hacim ağırlığı Demiralay'a (1993) göre silindir yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

K. Agregat Büyüklük Dağılımları: Deneme sonunda her bir parselden alınan toprak örnekleri hava kurusu duruma getirildikten sonra 500 g toprak örneğinde >4, 4-2, 2-1, 1- 0.5, 0.5-0.25, 0.25- mm delik çapına sahip eleklerden rotar elek makinesinde 75 darbe frekansında 5 dk elenmiş, her bir elek üzerinde kalan agregat miktarı ve yüzdesi hesaplanmıştır (Demiralay 1993). Yapılan analize ait görsel Şekil 3.11'de verilmiştir.

L. % Agregat Stabilitesi: Kuru eleme ile elde edilmiş olan her bir fraksiyona ait olan agregatlar yoder tipi ıslak eleme aleti ile elenmiş ve % agregat stabilitesi hesaplanmıştır (Demiralay 1993). Yapılan analize ait görsel Şekil 3.12'de verilmiştir.

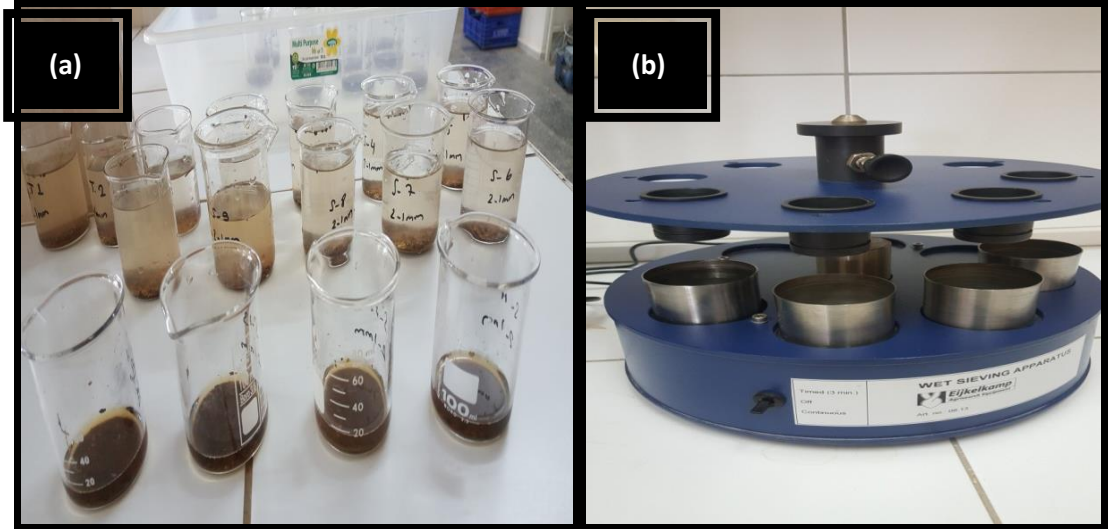
M. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK): 1 N amonyum asetat yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar 1995). Yapılan analize ait görsel Şekil 3.13'de verilmiştir.

N. Penetrometre Direnci: Toprak penetrasyon direncini belirlemek amacıyla Mekanik El Penetrograph aleti kullanılmıştır. Buradaki esas, toprağın gösterdiği direnç değerlerinin not edilmesine dayanmaktadır. Penetrograph 40 cm derinliğe kadar toprak direnç değerlerini belirleyebilmektedir ve 1 cm², 2 cm², 3^{1/3} cm² 'lik taban alanına sahip konik uçlara sahiptir. Bu çalışmada 1 cm²'lik taban alanına sahip konik uç kullanılmıştır. Yapılan analize ait görsel Şekil 3.14'de verilmiştir.

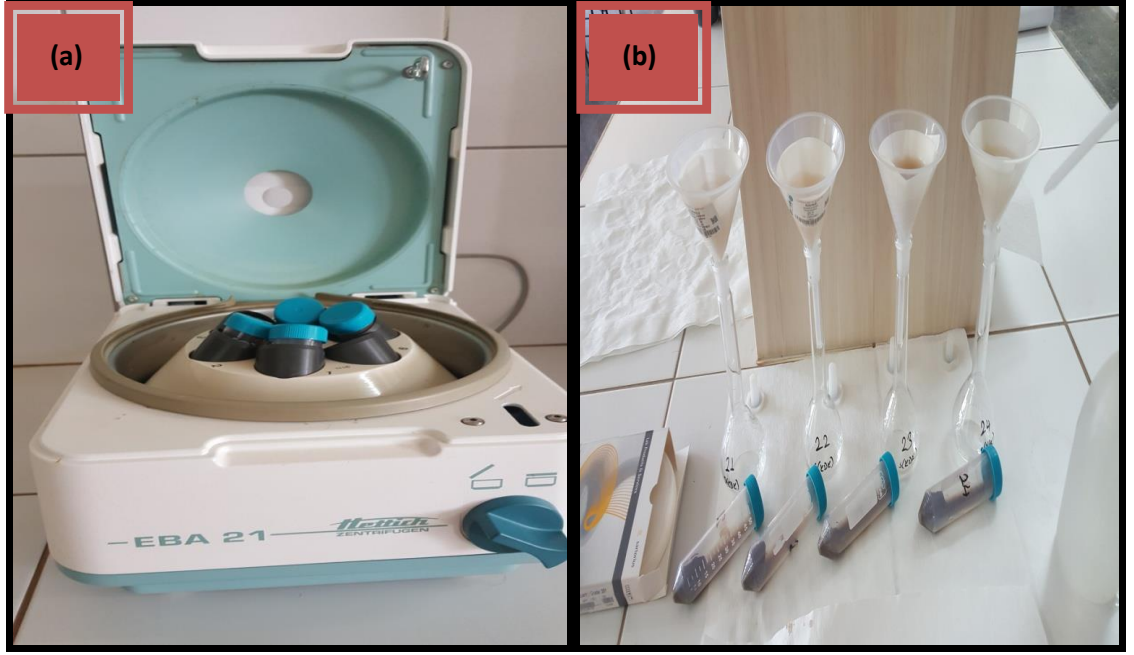
O. Toprak Su Miktarı: Demiralay (1993)'e göre yapılmıştır.



Şekil 3.11. Agregat büyüklük dağılımı analizinde kullanılan Rotar elek takımının görünümü.



Şekil 3.12 Agregat stabilitesi analizinden (a) ve örneklerin elenmesinde kullanılan Yoder ıslak eleme aletinin görünümü (b).



Şekil 3.13. Toprakların katyon değişim kapasitesi analizinde kullanılan Santrifüj cihazı (a) ve analizin yapım aşamalarından bir görüntü (b).



Şekil 3.14. Toprakların penetrometre direncinin belirlenmesi.

3.2.2.2. Organik Materyallerin Analiz Yöntemleri

Organik materyallerde ise; organik madde, organik karbon, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), % nem, toplam azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve bakır (Cu) analizleri yapılmıştır. Söz konusu analizler aşağıda verilen yöntemlere göre yapılmıştır.

A. Organik Madde: Organik materyallerin organik madde içerikleri kuru yakma metoduna göre (Şekil 3.15) belirlenmiştir (Kacar 1995).

B. Organik Karbon: Kuru yakma ile elde edilen organik madde değerlerinin Tüzüner (1990)'e göre Van Bommelen değerine (1.72) değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.



Şekil 3.15. Organik materyallerin organik madde ve organik karbon içeriklerinin belirlenmesi.

C. pH Değeri: Organik materyallerin pH değerleri 1:5 oranında organik madde-su karışımında 1 saat süre ile çalkalandıktan sonra belirlenmiştir (Anonymous 1978).

Ç. Elektriksel İletkenlik (EC): Organik materyallerin elektriksel iletkenlik değerleri 1:5 oranında organik madde-su karışımında 1 saat süre ile çalkalandıktan sonra belirlenmiştir (Anonymous 1978).

D. Nem: Organik materyallerin nem içeriği materyaller işletmelerden alınır alınmaz 105 °C de 24 saat fırında kurutularak belirlenmiştir (Kacar 1995).

E. Toplam Azot: Organik materyallerde azot modifiye Kjeldahl metoduna göre belirlenmiştir (Kacar 1995).

F. Fosfor, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Sodyum, Demir, Çinko, Mangan ve Bakır:

Daha önce hazırlanmış olan organik materyal örneklerinden 0.5 g tartılarak mikrodalga hücrelerine konulmuştur. Üzerine 9 ml %65'lik nitrik asit(HNO₃) ve 3 ml %37'lik hidroklorik asit (HCL) eklenmiştir. Örnekler EPA 3051 metoduna göre mikrodalga cihazında (Berghoff MWS-4+) parçalanmıştır. Mikrodalga hücrelerinden alınan parçalanmış olan numuneler mavi bantlı filtre kâğıdından 50 ml'lik balon jöjelere süzülerek son hacim çizgisine kadar saf suyla tamamlanmıştır. Bu elementlerin toplam konsantrasyonları Inductively Coupled Plasma Optic Emission Spectrometer=İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES (PE-Optima7000DV)) cihazında belirlenmiştir (Epa 3051, 2007).

3.2.3. İstatistiksel analiz yöntemleri

Zeytin pırınası ve biyokömür uygulamalarının toprağın bazı verimlilik parametreleri üzerine etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanarak belirlenmiştir. Zeytin pırınası ve biyokömür uygulamalarının etki açısından benzer olanlarının gruplandırılmalarında ise DUNCAN homojenlik testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır (SPSS, 2008).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, yürütülen çalışmadaki analizlerden elde edilen bulgular değerlendirilerek tartışılmıştır.

4.1. Uygulamaların Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

4.1.1. Uygulamaların Toprağın Makro Bitki Besin Element Konsantrasyonları Üzerine Etkisi ve Değerlendirilmesi

Farklı düzeylerdeki zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprakların makro bitki besin maddesi kapsamı üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.1’de 5 tekerrür ortalaması olarak toplu halde verilmiştir. Çizelge incelediğinde, biyokömür uygulamalarının toprağın P, Mg, Ca ve Na kapsamında ki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken uygulamalar toprağın N ve K kapsamında istatistiksel anlamda önemli bir fark meydana getirmiştir. Biyokömür uygulamaların toprağın N kapsamı üzerine etkisi % 1, K kapsamı üzerine etkisi ise % 0.1 düzeyinde gerçekleşmiştir. Uygulamaların her iki besin elementinin topraktaki miktarı üzerine etkisi artış yönünde gerçekleşmiştir. Biyokömür uygulamalarının her üç dozu kontrole göre kıyaslandığında N miktarında artış sağlamış ancak uygulama düzeyleri arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır. Pirina uygulamalarının toprağın P, Mg ve Ca kapsamında etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken toprağın N, K ve Na kapsamında istatistiksel anlamda önemli bir fark meydana getirdiği tespit edilmiştir. Pirina uygulamaların toprağın N kapsamı üzerine etkisi % 0.1, K kapsamı üzerine etkisi % 1 ve Na kapsamı üzerine etkisi ise % 5 düzeyinde gerçekleşmiştir. Zeytin pirinası uygulamalarının her üç besin elementinin topraktaki miktarı üzerine etkisi artış yönünde gerçekleşmiştir. Yapılan çalışma göstermektedir ki her iki uygulamanın da etkileri P ve Ca besin elementi konsantrasyonu açısından istatistiksel olarak önemsiz bulunurken N ve K besin elementi konsantrasyonu açısından istatistiksel olarak önemli ve kontrole göre daha yüksek tespit edilmiştir. Toprağa uygulanan materyallerin etkisi karşılaştırıldığında, zeytin pirinası ve biyokömür uygulamaları ile istatistiksel olarak toprağın N ve K içeriğinde % 0.1, Na içeriğinde ise % 5 düzeyinde önemlilik meydana gelmiştir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere biyokömür uygulamaları toprağın N içeriğine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde pirinanın etkisi ise istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Biyokömür uygulaması yapılan alanlarda B₀’a göre doz miktarı arttıkça toprağın N içeriğinde bir artış söz konusu olmuş fakat B₃ dozunda yeniden N içeriği düşüş eğilimine geçmiştir. Biyokömür uygulamalarının her üç düzeyi kontrole göre toprağın N içeriğinde önemli düzeyde artış sağlarken uygulamalar arasında etki bakımından önemli bir fark oluşmamıştır. Diğer taraftan zeytin pirinası uygulamaların P₃ ve P₂ düzeyleri kontrole kıyasla önemli düzeyde toprak N miktarında artış sağlarken bu iki uygulama düzeyi arasında etki bakımından önemli bir fark oluşmamıştır. Uygulamanın P₁ düzeyi ise toprağın N içeriği bakımından önemli bir fark meydana getirmemiş ve P₀ ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.1. Zeytin pirinasi ve biyokömür uygulamalarının toprağın toplam azot, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum, magnezyum, kalsiyum ve sodyum kapsamı üzerine etkileri¹

Uygulamalar	Dozlar	Azot (N) (%)	Fosfor (P) (mg kg ⁻¹)	Potasyum (K) (%)	Magnezyum (Mg) (%)	Kalsiyum (Ca) (%)	Sodyum (Na) (%)
BIYOKÖMÜR	B ₀ (0 ton da ⁻¹)	0.0686b ²	11.492	0.0110c	0.0366	0.300	0.002
	B ₁ (0.5 ton da ⁻¹)	0.0882a	12.352	0.0146b	0.0374	0.298	0.002
	B ₂ (1.0 ton da ⁻¹)	0.0938a	15.924	0.0150b	0.0394	0.296	0.002
	B ₃ (1.5 ton da ⁻¹)	0.0876a	10.698	0.0168a	0.0374	0.302	0.002
	Ortalama	0.0845	12.616	0.0143	0.0377	0.299	0.002
LSD _{Doz} (%5)		**	ö.d	***	ö.d	ö.d	ö.d
PIRİNA	P ₀ (0 ton da ⁻¹)	0.0686b	11.492	0.0110b	0.0366	0.300	0.002a
	P ₁ (0.5 ton da ⁻¹)	0.0582b	11.226	0.0120b	0.0368	0.308	0.001b
	P ₂ (1.0 ton da ⁻¹)	0.0842a	10.880	0.0122b	0.0382	0.312	0.001b
	P ₃ (1.5 ton da ⁻¹)	0.0880a	13.730	0.0142a	0.0378	0.306	0.002a
	Ortalama	0.0747	11.832	0.0123	0.0373	0.306	0.002
LSD _{Doz} (%5)		***	ö.d	**	ö.d	ö.d	*
LSD _{Uyg.} (%5)		***	ö.d	***	ö.d	ö.d	*

1. Değerler 5 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

ö.d: Önemli değil, *: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, ***: %0.1 düzeyinde önemli.

Denemede topraktan daha yüksek N içeren materyalin toprağa uygulanması ile N içeriğinde artış meydana geldiği görülmektedir. Ancak toprak N sınır değerleri bakımından değerlendirildiğinde bu etki toprağı orta sınıfa getirecek kadar olmuştur. Etkinin sınırlı kalması C/N oranına bağlı olarak toprak organizmalarının toprağın N stoğundan faydalandıkları bu sebeple N'un bir kısmının toprağa dâhil olmadan tüketildiğini göstermektedir. Pirina, özellikle toprak karbon miktarını ve agregat stabilitesini arttırmada önemli bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber pirina kullanımının bazı dezavantajları da olabilmektedir. Pirina uygulaması yapılan alanlarda ortama verilen karbon kaynağı arttığı için büyük miktarda azot immobilizasyonu oluşabilmekte, toprakların N kapsamı ve bitkilerin azot alımı üzerine olumsuz etki yapılabilmektedir. (Chapman 1997).

Bayram (2016), farklı tarımsal artıklardan üretilen biyokömürlerin orijinal maddeye bağlı olmakla birlikte toprakların N içeriğini arttırdığını, besin elementi kaynağı olma ve aynı zamanda da toprağın kalitesini artırma potansiyeli bulunduğunu belirtmiştir. Harter (2014) ise, toprağa farklı dozlarda biyokömür uygulanması ile topraktaki azot fiksasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyonla ilgili mikrobiyal fonksiyonel genlerin değişimini izlemiştir. Çalışma sonucunda toprağa biyokömür uygulanmasının mikrobiyal fonksiyonel genlerin sentezini önemli ölçüde arttırdığı ve toprakta nitroz oksit salınımının artışına katkı sağladığını bildirmiştir.

Biyokömür ve pirina uygulamalarının toprağın fosfor içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). Çizelge 4.1 'de görüldüğü gibi artan dozlarda biyokömür uygulaması yapılan alanlarda toprakların fosfor içeriğinde en yüksek artışın B₂ dozunda olduğu, en yüksek uygulama dozu olan B₃'de ise fosfor miktarında azalma olduğu belirlenmiş fakat istatistiksel olarak bir önem belirtmediği görülmüştür. Bu etkide tekerrürler arasındaki farkın yüksek bulunması rol oynamıştır. Biyokömür ve zeytin pirinasının kendi bünyesinde içerdiği yüksek miktardaki fosfor içeriğinin uygulama yapılan topraklara kazandırılmamasının sebebi organik P'un inorganik formata dönüşmemiş olması ve çalışmanın yürütülmüş olduğu toprakların sahip olduğu yüksek kireç içeriğinin neden olduğu düşünülmektedir. Buna paralel olarak kireçli topraklarda fosforun trikalsiyum fosfatlar şeklinde fikse olduğunu ve çözünemez bileşikler oluşturduğunu da söylemek mümkündür.

Majeed (2014), üç farklı biyokömür çeşidi (çam, kavak, meşe) ve dört farklı biyokömür dozu (0, 1, 2 ve 4%) nu uyguladığı topraklarda toprak verimliliği ve besin maddelerinin alınımı üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Çalışma sonucunda biyokömür uygulama dozu arttıkça toprakta alınabilir P içeriğinin arttığını fakat kireç içeriğinin azaldığını bildirmiştir.

Liang vd. (2006), yüksek yüzey alanı ve negatif yük yoğunluğundan dolayı biyokömür'ün doğal organik maddeye oranla çok daha fazla iyon tutma yeteneğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Lehmann (2007) ise biyokömür'ün birçok metal katyonu bünyesine alarak toprak çözeltilisinden uzaklaştırdığını, bununla beraber fosfat iyonu gibi anyon formunda ki besin elementlerini de yapısında tutabildiğini rapor

etmiştir. Ancak anyonların tutulumu olayı ile ilgili mekanizmanın nasıl işlediği yönünde yeterince açıklamanın yapılamadığı ifade edilmiştir. Muhtemelen bu olayın biyokömür'ün toprağa uygulanmasıyla toksik düzeyde bulunan besin elementlerini yapısına bağlayarak bitki üzerindeki olumsuz etkilerini engelleyebilmesi şeklinde gerçekleştiği düşünülmektedir.

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere biyokömür uygulamalarının toprağın K içeriğine etkisi istatistiksel olarak % 0.1, pirinanın etkisinin ise istatistiksel olarak % 1 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Zeytin pirinası ve biyokömür uygulanan deneme topraklarının K içeriği artan zeytin pirinası ve biyokömür uygulama düzeyleri ile ilişkili olarak artış göstermiştir. Biyokömür uygulanmayan kontrol grubunun değişebilir K içeriği % 0.011 iken B₁ düzeyinde uygulanan alanda % 0.014 olduğu görülmüş B₂ düzeyinde artarak % 0.015 olduğu ve en yüksek biyokömür dozu olan B₃ düzeyinde değişebilir K içeriğinin % 0.017 ye yükseldiği belirlenmiştir. Zeytin pirinası uygulamalarının toprağın K içeriği üzerine etkisinde, kontrole göre kıyaslandığında P₁ ve P₂ düzeyi etki bakımından ayrı grupta yer alırken P₃ uygulaması toprağın K içeriğinde en fazla artış sağlayan uygulama olmuştur.

Zeytin pirinası ve biyokömür uygulaması yapılan alanlarda ki değişebilir K içeriklerinde farklılıklar elde edilmiştir. Zeytin pirinasının uygulandığı alanlarda K içeriği bakımından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen bu sonucun biyokömür'ün sahip olduğu K miktarının pirinanın sahip olduğu K miktarından daha düşük olmasından kaynaklanabileceği söylenebilir. Yapılan her iki uygulamada, uygulama dozundaki düzenli bir artışla birlikte deneme topraklarının K miktarında daha fazla artış sağlandığı toprakların K bütçelerinde artış sağlanmasında bu iki materyalin önemli bir kaynak olarak kullanılabilceği söylenebilir.

Yapılan bir çok çalışmada biyokömür'ün besin elementi içeriğinin orjinal materyalin bileşimine (Yip vd. 2007; Yip vd. 2010; Abdullah vd. 2010), başlangıç materyallerinin sahip olduğu nem içeriğine (Hossain vd. 2011), piroliz yapılırken ki üretim koşullarına (Azargohar ve Dalai 2008), piroliz işlemi gerçekleştirildikten sonra elde edilen ürünün saklı tutulduğu koşullara bağlı olarak değişmekte olduğunu bildirmişlerdir. Belirli bir materyalden yapılan biyokömür'ün bile besin elementi kapsamı piroliz öncesi besin elementi kapsamından (Abdullah vd. 2010) daha yüksek, (DeGroot vd. 1991) veya daha düşük olabileceğini belirtmişlerdir.

Biyokömür ve pirina uygulamalarının toprağın Mg ve Ca içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). Yapılan bu çalışmada her ne kadar uygulamaların toprağın Ca ve Mg üzerine etkileri önemsiz bulunsada yapılan birçok çalışma da bunun aksi yöndeki sonuçların elde edildiği bildirilmektedir.

Gaskin vd. (2010) tarafından iki yetiştirme sezonu boyunca Amerika'nın güneydoğusunda yer alan Ultisol topraklara fıstık kabuğu ve çam artıklarından üretilen biyokömür uygulaması yapılmıştır. Çalışmada uygulanan biyokömürlerin toprakların besin elementi içeriğine olan etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, değişik dozlarda toprağa uygulanan biyokömürlerin Ca yarıyışlılığını arttırdığı ve fıstık kabuğu

uygulamasının toprağın ilk 15 cm derinliğinde Ca ve Mg seviyesini arttırdığı bildirilmiştir.

Biyokömür uygulamalarının toprağın Na içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken zeytin pırasası uygulamasının etkisi ise istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Na değerleri incelendiğinde sonuçların anlamlı bir trend oluşturmadığı görülmektedir. Uygulamaların toprağın Na içeriği üzerinde etkisinin sınırlı kalması uygulanan pırasa ve toprağın Na içeriklerinin düşük ve birbirine yakın olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca toprağa uygulanan pırasa miktarı da toprak hacmine göre oldukça sınırlıdır.

Majeed (2014), yapmış olduğu çalışmada üç farklı biyokömür çeşidi (çam, kavak, meşe) ve dört farklı biyokömür dozunu (0, % 1, % 2 ve % 4) toprağa uygulamıştır. Çalışmada toprak verimliliği ve toprakların besin maddeleri alınımı üzerine olan etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak biyokömür uygulama dozu arttıkça toprakta değişebilir Na içeriğinin arttığını bildirmiştir.

4.1.2. Uygulamaların Toprağın Mikro Bitki Besin Element Konsantrasyonları Üzerine Etkisi ve Değerlendirilmesi

Farklı düzeylerdeki zeytin pırasası ve biyokömür uygulamalarının toprakların mikro bitki besin maddesi kapsamı üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge incelediğinde biyokömür ve zeytin pırasası uygulamalarının toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe ve Cu içeriklerine etkisinin önemsiz olduğu görülmektedir.

Toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir çinko içeriğine ise zeytin pırasası uygulamalarının etkisi önemsiz bulunurken biyokömür uygulamalarının etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan dozlarda biyokömür uygulamalarının toprağın DTPA ile ekstrakte edilebilir çinko içeriğinde düzenli artışa neden olmuştur. En düşük Zn değeri (0.131 mg kg^{-1}) kontrol uygulamasında gözlenirken en yüksek Zn değerine (0.171 mg kg^{-1}) en yüksek biyokömür uygulaması olan B₃ düzeyinde rastlanmıştır.

Houben vd. (2013), yapmış oldukları bir çalışmalarında toprağa 4 farklı dozda (% 0, % 1, % 5 ve % 10) biyokömür uygulamışlar ve 1 ay inkübasyonda bekletmişlerdir. Bu süre sonunda uygulama yapılan topraklarda kolza yetiştiriciliği yapmışlar ve çalışmanın sonuçlarına göre bitkinin yeşil aksam çinko konsantrasyonunun kontrol uygulamasında 136 mg kg^{-1} olarak belirlenmişken diğer biyokömür dozlarında ise 116.64 den 18.2 mg kg^{-1} ’a kadar düştüğünü rapor etmişlerdir.

Lucchini vd. (2014), toprağa 3 farklı dozda (0, 25 ve 50 t ha^{-1}) biyokömür uygulamışlar ve uygulama yapılan topraklarda buğday bitkisi yetiştirmişlerdir. Çalışma sonunda elde ettikleri sonuçlara göre biyokömür dozu arttıkça bitkinin yeşil aksam çinko konsantrasyonunda artış olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.2. Zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın DTPA İle ekstrakte edilebilir çinko, demir, mangan ve bakır kapsamı üzerine etkileri¹

	Çinko (Zn) (mg kg ⁻¹)		Demir (Fe) (mg kg ⁻¹)		Mangan (Mn) (mg kg ⁻¹)		Bakır (Cu) (mg kg ⁻¹)	
	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina
0 ton da ⁻¹	0.131b ²	0.131	6.325	6.325	7.271	7.271b	1.645	1.645
0.5 ton da ⁻¹	0.145ab	0.178	6.507	6.889	7.597	8.354ab	1.712	1.679
1.0 ton da ⁻¹	0.162a	0.138	6.507	7.052	7.295	8.303ab	1.679	1.771
1.5 ton da ⁻¹	0.171a	0.171	6.607	7.049	7.921	8.855a	1.691	1.766
Ortalama	0.152	0.154	6.486	6.828	7.521	8.196	1.681	1.715
LSD _{Doz} (%5)	*	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	*	ö.d	ö.d
LSD _{Uyg.} (%5)	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	*	*	ö.d	ö.d

1. Değerler 5 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

ö.d: Önemli değil, *: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, ***: %0.1 düzeyinde önemli.

Türkiye topraklarında Zn noksanlığı sık rastlanılan bir problemdir. Bunun sebebi, ülkemiz topraklarının kil miktarının fazlalığı, düşük organik madde içeriğine sahip olması, yüksek kireç kapsamı ve buna bağlı olarak yüksek pH değerlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle topraklara biyokömür uygulaması ile çinko konsantrasyonunda artış sağlanacağı sonucuna varılabilir.

Topraklara artan dozlarda uygulanan biyokömür ve zeytin pırasası ile toprakların demir konsantrasyonlarında istatistiksel anlamda önemli bir fark meydana gelmemiştir. Fakat kontrol grubuna göre artan dozlarda uygulanan zeytin pırasası ve biyokömür dozları ile toprağın alınabilir demir konsantrasyonunda doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Toprağa uygulanan materyallerin doz miktarı arttıkça Fe kapsamında artışlar sağlanmasında, zeytin pırasası ve biyokömürünün içermiş olduğu yüksek organik maddenin minerallerle meydana getirmiş olabileceği şelatların, minerallerin çözünürlüğünü arttırmış ve bu nedenle toprakların alınabilir demir içeriğinin artmasına da olumlu yönde etki yaptığı söylenebilir. Tarımsal üretim gerçekleştirilirken toprakların alınabilir demir içeriklerinin önemli olduğu kadar, alınabilir hale dönüşebilecek olan toplam demir içeriği de önemli bir kriterdir (Kadioğlu 1999).

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere toprağın alınabilir mangan konsantrasyonu açısından biyokömür uygulamaları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Zeytin pırasası uygulanan alanlarda ise istatistiksel anlamda % 5 düzeyde önemlilik meydana gelmiştir. Zeytin pırasası uygulanan topraklarda kontrol dozunda alınabilir mangan konsantrasyonu 7.27 mg kg^{-1} iken en yüksek uygulama dozu olan P₃ düzeyinde ise toprakların mangan konsantrasyonu artarak 8.85 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Bu durumda artan zeytin pırasası uygulamaları ile toprağın mangan içeriğinde bir miktar artışın olduğunu göstermektedir. Toprakta oksidasyon-redüksiyon proseslerini etkileyen özelliklerin başında pH, organik madde içeriği, mikrobiyal aktivite, su kapsamı gibi toprak özellikleri bitkilerin de mangan alınımını etkilemektedir. Bu durum topraktaki alınabilir mangan konsantrasyonu üzerine tek başına uygulamaların etki etmediği toprakta gelişen karmaşık olaylarında etkisi olduğunu hatırlatmaktadır. Zeytin pırasası çalışma toprağımızın pH’sında azalma meydana getirmiş, bu da Mn çözünürlüğünü arttırmış olabilir bununla birlikte deneme arazimiz gibi kireç içeriği yüksek (%72) topraklarda bile zeytin pırasası uygulayarak toprakların alınabilir mangan konsantrasyonuna olumlu katkı sağlanabileceği söylenebilir.

Lindsay (1978)’e göre pH değerinin 1 birim artması ile çözünen Mn^{+2} miktarı 1000 kez azalmaktadır. Bu nedenle pH değeri yüksek olan topraklarda manganın alınabilirliği bitkinin ihtiyacını karşılayamayacak kadar düşebilmektedir. Yüksek pH değeri aynı zamanda manganın, toprağın organik maddesi ile kompleks bileşikler yapmasına teşvik etmektedir ve böylece manganın yararlılığını azaltmaktadır. pH içeriği yüksek ve organik maddece zengin olan topraklarda mangan noksanlığı ortaya çıkabilmektedir. Ülkemiz topraklarında genelinin pH değerinin yüksek olması fakat organik maddece fakir olması nedeni ile mangan konsantrasyonu ve alınımı bakımından bu iki özellik göz ardı edilmemelidir.

Al Wabel vd. (2014) mısır bitkisini kullanarak 4 farklı biyokömür dozunu (0, 1, 3 ve 5 g kg^{-1}) toprağa uygulamışlar ve mısır bitkisinin yeşil aksam mangan konsantrasyonunun uygulama yapılmayan kontrol grubunda 62.5 mg kg^{-1} iken

biyokömür'ün 1 g /kg dozunda 43.4, 3 g kg⁻¹ dozunda 34.9 ve 5 g kg⁻¹ dozunda ise 30.5 mg kg⁻¹ olduğunu rapor etmişlerdir.

Zeytin pırasası ve biyokömür uygulamaları toprakların bakır içeriği bakımından istatistiksel olarak önem meydana getirmemiştir. Ancak tablo incelendiğinde her iki uygulama konusunda da en düşük değerler kontrolde tespit edilirken uygulamalar düzensiz olsa da toprakların Cu içeriklerini arttırmıştır.

Uygulamaların birbiri ile olan etkisi kıyaslandığında ise organik materyallerin uygulanması ile toprakların Zn, Fe ve Cu kapsamı üzerine etkisi istatistiksel anlamda bir fark meydana getirmemiştir. Uygulamaların Mn kapsamı üzerine etkisi ise % 5 düzeyde önemlilik meydana getirmiştir.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa; farklı dozlarda toprağa uygulanan zeytin pırasası ve biyokömür uygulamalarına bağlı olarak toprakların alınabilir demir, çinko, mangan ve bakır konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli olmasa da kontrole göre artış olduğu görülmüştür. Lehmann ve Joseph (2009), biyokömür'ün mikrobiyal parçalanmaya ve mineralizasyona karşı oldukça dayanıklı bir materyal olduğu için toprakta 1000 yıl kalabileceğini bildirmişlerdir. Buna dayanarak özellikle alkalın reaksiyona sahip topraklarda sıklıkla görülen mikro besin elementi noksanlığına biyokömür uygulamasının uzun vadede yararlı olacağını söylenebilir.

4.1.3. Uygulamaların toprağın pH, EC ve katyon değişim kapasitesi (KDK) içeriği üzerine etkisi ve değerlendirilmesi

Farklı düzeylerdeki zeytin pırasası ve biyokömür uygulamalarının deneme toprağının pH, EC ve katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, biyokömür uygulamaları toprağın KDK değerlerinde % 5 düzeyinde bir önemlilik meydana getirirken pH ve EC içeriği üzerine etkisi bir önem meydana getirmemiştir. Zeytin pırasası uygulamaları toprağın KDK değerinde % 0.1 düzeyde önemlilik meydana getirirken pH değeri üzerine etkisi % 5 düzeyde gerçekleşmiştir. Uygulamanın toprağın EC değeri üzerinde ki etkisi etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Zeytin pırasası ve biyokömür uygulamalarının etkisi karşılaştırıldığında ise pH ve EC değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak bir fark meydana getirmemiştir. KDK değeri bakımından karşılaştırma yapıldığında ise istatistiksel olarak % 0.1 düzeyde önemlilik meydana gelmiştir.

Biyokömür uygulamasının toprağın pH değeri üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.3). Pirina uygulanan alanların pH içeriği istatistiksel anlamda % 5 düzeyde önemli bulunmuştur. Uygulama dozu arttıkça toprakların pH değerlerinin kontrole göre azaldığı görülmüştür. Pirinanın mikroorganizma faaliyetini teşvik ettiği bilinmektedir. Mikroorganizmaların toprağa bıraktığı asit karakterli vücut salgıları ve solunumları ile ortaya çıkan karbonik asidin uygulamaların neden olduğu pH düşüşünde payı olduğu sanılmaktadır.

Çizelge 4.3. Zeytin pırinası ve biyokömür uygulamaların toprağın pH, EC ve kation değişim kapasitesi (KDK) kapsamı üzerine etkisi ¹

UYGULAMALAR	pH		EC(dS cm ⁻¹)		KDK(cmol kg ⁻¹)	
	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina
0 ton da ⁻¹	7.944	7.944a ²	0.15	0.15	8.814ab	8.814b
0.5 ton da ⁻¹	7.912	7.868b	0.15	0.15	8.950ab	17.83a
1.0 ton da ⁻¹	7.950	7.920ab	0.15	0.16	7.682b	6.656b
1.5 ton da ⁻¹	7.938	7.896ab	0.16	0.16	11.18a	5.870b
Ortalama	7.936	7.907	0.15	0.16	9.156	9.792
LSD _{Doz} (%5)	ö.d	*	ö.d	ö.d	*	***
LSD _{Uyg.} (%5)	ö.d		ö.d		***	

1. Değerler 5 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

ö.d: Önemli değil, *: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, ***: %0.1 düzeyinde önemli.

Van Zwieten vd. (2010), biyokömür üzerine yapmış oldukları araştırma ve çalışmalarında biyokömürlerin öncelikli hedef olarak asitli topraklarda pH artışını sağlamak için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere biyokömür ve zeytin pirinası uygulamalarının toprağın EC değeri üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemlilik meydana getirmemiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde materyallerin uygulama dozu arttıkça EC değerinde değişiklik olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak biyokömür'ün kendi bileşiminin EC değerinin oldukça az olmasından (0.004 dS m^{-1}) kaynaklandığı söylenebilir. EC değeri yüksek tuzlu topraklarda biyokömür'ün bir ıslah materyali olarak da değerlendirilebileceği söylenebilir.

Biyokömür uygulaması yapılan topraklarda KDK % 5 düzeyde önem meydana getirirken zeytin pirinası uygulaması yapılan topraklarda katyon değişim kapasitesi daha belirgin düzeyde önem meydana getirerek % 0.1 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Biyokömür uygulaması yapılan toprakların KDK kapsamı uygulama yapılmayan kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek KDK değeri olan $11.18 \text{ cmol kg}^{-1}$ değeri en yüksek biyokömür uygulama dozu olan B₃ konusunda tespit edilmiştir. Kontrol toprağına kıyasla KDK daki bu misli artışa biyokömürün sahip olduğu yüksek KDK sebep olduğu düşünülmektedir. Bu yönü ile biyokömürün kullanımı ile özellikle KDK sınırlı topraklarda bitkisel üretimi arttırılabileceği; yer altı sularında meydana gelen kimyasal gübreleme kaynaklı kirliliğine karşı da önemli bir çözüm potansiyeli olduğu sanılmaktadır. Ziraate kazandırdığı tüm bu yararlar biyokömürün toprak ıslah materyali olarak kullanım potansiyeli olduğunu düşündürmektedir. Zeytin pirinası uygulamalarının toprağın KDK'sı üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek KDK değeri P₁ ($17.83 \text{ cmol kg}^{-1}$) düzeyinde rastlanmaktadır. Diğer tüm uygulamalar bu değer altında kalmış ve birbirleriyle aralarında istatistiksel fark görülmemiştir.

Liang vd. (2006) yapmış oldukları araştırmalarda, biyokömürlerin katyon değişim yüzeylerinde besin elementi tutunmasını arttırdığını belirtmişlerdir. Zhang ve ark., (2014) biyokömürlerin benzersiz özelliklerinden birisi olan yüksek katyon tutma seviyesinin olduğunu ve biyoçeşitliliği arttırdığını bildirmişlerdir.

Bayram (2016), farklı tarımsal artıklardan üretilen biyokömürlerin yüksek katyon değişim kapasitesi (KDK) içeriğinden dolayı toprakların çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiğini ve yapmış oldukları çalışma doğrultusunda KDK değeri yüksek olan biyokömürlerin özellikle kumlu, düşük KDK değeri ve düşük organik madde içeriğine sahip topraklarda kullanılabilceğini rapor etmiştir.

4.1.4. Uygulamaların toprağın organik madde ve organik karbon içeriği üzerine etkisi ve değerlendirilmesi

Farklı düzeylerdeki zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprakların organik madde ve organik karbon kapsamı üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde biyokömür uygulamaları toprağın organik madde ve organik karbon kapsamında istatistiksel anlamda önemli bir fark meydana getirmemiştir.

Çizelge 4.4. Zeytin pırınası ve biyokömür uygulamalarının toprağın organik madde ve organik karbon kapsamı üzerine etkisi¹

UYGULAMALAR	Organik Madde(%)		Organik Karbon(%)	
	Biyokömür	Pırına	Biyokömür	Pırına
0 ton da ⁻¹	0.884	0.884b ²	0.512	0.512b
0.5 ton da ⁻¹	1.022	0.744c	0.590	0.430c
1.0 ton da ⁻¹	1.088	1.130a	0.630	0.654a
1.5 ton da ⁻¹	1.108	0.958b	0.640	0.556b
Ortalama	1.025	0.929	0.593	0.538
LSD _{Doz} (%5)	ö.d	***	ö.d	***
LSD _{Uyg.} (%5)		**		**

1. Değerler 5 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

ö.d: Önemli değil, *: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, ***: %0.1 düzeyinde önemli.

Zeytin pirinası uygulaması ise hem organik madde hem de organik karbon kapsamı üzerinde istatistiksel anlamda her iki kriter içinde % 0.1 düzeyde fark meydana getirmiştir. Zeytin pirinası uygulamalarının toprağın organik madde ve organik karbon içeriklerine etkisi istatistiksel olarak % 0.1 düzeyinde önemli bulunurken her iki kriterde de değerler artan zeytin pirinası uygulamaları ile ilişkili olarak kontrolden itibaren P₂ uygulama düzeyine kadar düzenli ve önemli artış göstermiş bu değer P₃ uygulamasında bir miktar düşmüş ancak bu düşüş yine de kontrol ve P₁ uygulamalarının üstünde kalmıştır. Uygulamaların birbiri ile olan etkisi karşılaştırıldığında ise organik madde ve organik karbon değerleri istatistiksel olarak % 1 düzeyde önemlilik meydana getirmiştir.

Topraklara artan dozlarda biyokömür uygulamasının toprağın organik karbon ve organik madde içeriğinde her ne kadar istatistiksel olarak önemli bulunmasa da uygulama dozu arttıkça organik madde ve organik karbon içeriğinde düzenli artışlar olduğu tespit edilmiştir. Her iki kriter içinde en düşük değerlere kontrol konusunda rastlanırken, en yüksek değerlere en yüksek uygulama dozu olan B₃ düzeyinde rastlanmaktadır.

Organik madde ve organik karbon kapsamlarının pirina uygulaması yapılan alanlarda istatistiksel olarak daha önemli bulunmasının ve topraklarda artış sağlamanın sebebi olarak pirinanın biyokömür haline dönüştürülmeden yani yanmadan önceki halinin organik madde ve organik karbon kapsamının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü biyokömür üretim sürecinde materyalin maruz kaldığı piroliz işlemi nedeniyle organik maddede bir miktar kayba uğradığı bilinmektedir. Oransal olarak toprağa çok daha fazla organik madde içeren zeytin pirinasının uygulanması toprağın organik madde ve organik karbon içeriğinde beklenildiği gibi önemli düzeyde artış gerçekleştirmiştir.

Yapılan birçok çalışmada zeytinyağı fabrika atıklarından pirina ve posanın toprağa uygulanması ile toprakların organik madde içeriğinde önemli düzeylerde artışların meydana geldiğini bildirilmiştir (Paredes vd. 1987; Marsilio vd. 1989; Calderon 2000; Salgado 2000).

Atila (2015), hidrotermal karbonlaştırma (HTK) yöntemi ile, gıda endüstrisi atığı olan portakal küspesinden, toprak iyileştirici olarak kullanılan biyokömür üretiminin incelendiği bir çalışmada elde edilen hidrokömürlerin, C/N, O/C ve H/C oranları, ve besin içerikleri göz önüne alındığında toprak iyileştirici olarak kullanımlarının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Free vd. (2010), Yeni Zelanda'da yapmış oldukları çalışmada okaliptüs, mısır koçanı, taze çam ve söğüt'ün 550 °C'de piroliziyle elde edilen biyokömürleri iki farklı tekstüre sahip toprağa uygulamışlar ve mısırın çimlenmesi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada 20 cm derinliğe 0, 2.5, 5.0 ve 10 ton da⁻¹ biyokömür uygulaması yapmışlardır. Yürütmüş oldukları çalışmanın sonunda mısır tohumunun çimlenmesi üzerine farklı biyokömür ve uygulama dozlarının kontrol uygulamasına göre belirgin olarak arttırdığını belirtmişler, biyokömürün toprakta karbon depolanması ve toprak kalitesinin artırılması açısından önemli etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir.

4.2. Uygulamaların Toprağın Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.2.1. Uygulamaların Toprağın Toprak Su Miktarı, Penetrometre Direnci, Tarla Kapasitesi, Solma Noktası ve Hacim Ağırlığı Üzerine Etkisi ve Değerlendirilmesi

Farklı düzeylerdeki zeytin pırasası ve biyokömür uygulamalarının toprakların fiziksel özelliklerinden toprak su miktarı, penetrometre direnci, tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı kapsamı üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, biyokömür ve zeytin pırasası uygulaması toprağın su miktarı ve hacim ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli olurken, penetrometre direnci, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Toprağa uygulanan materyallerin etkileri karşılaştırıldığında ise penetrometre direnci, tarla kapasitesi ve solma noktası üzerine etkilerinin istatistiksel bir fark meydana getirmediği görülmüştür. Toprak su miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak %1, hacim ağırlığı üzerine etkisi % 5 düzeyinde önem meydana getirmiştir.

Toprağa uygulanan biyokömür ve zeytin pırasası ile toprak su miktarı arasında istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önem meydana gelmiştir. İstatistiksel anlamda harflendirmede görüldüğü üzere en önemli farklılık B₃ ve P₃ düzeylerinde meydana gelmiştir. Bayram (2016), farklı tarımsal atıklardan üretilen biyoköürlerin fiziksel özelliklerini araştırmış ve çalışmasının sonunda toprakların su tutma kapasitesi ve bitkiye yararlı su içeriği bakımından toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini bildirmiştir.

Topraklara zeytin pırasası ve biyokömür uygulamaları ile toprakların penetrometre direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak uygulamaların penetrometre direnci belirlenirken aynı zamanda parsellerin nem içeriğide tespit edilmiştir. Biyokömür uygulanan alanlarda penetrometre direnci istatistiksel olarak önemli olmasa da penetrometre direnci ve nem içeriğine bakıldığında en yüksek direnç 192.0 N cm⁻² ve en yüksek nem içeriğinin % 18 kontrol grubu olduğu belirlenmiştir. En düşük penetrometre direnci ise B₂ düzeyinde 152.6 N cm⁻² en düşük nem içeriği % 16.26 olarak ölçülmüştür.

Zeytin pırasası uygulanan alanların penetrometre direnci istatistiksel anlamda önemlilik meydana getirmese de biyokömür uygulanan alanlara paralel olarak en yüksek direnç kontrol düzeyinde 189.6 N cm⁻² ve nem içeriği yine en yüksek % 17.98 olan dozda olduğu tespit edilmiştir. En düşük penetrometre direnci P₁ düzeyinde 153.8 N cm⁻² ve nem içeriği en düşük % 16.16 olan parselde olduğu belirlenmiştir. Buradan penetrometre direnci ve toprak nemi arasında doğrudan bir bağlantı olduğu ve toprak nemi arttıkça toprağın göstermiş olduğu direnç miktarının da arttığı sonucuna varılabilir.

Çalışma göstermektedir ki toprağa uygulanan biyokömür ve zeytin pırasası toprağın penetrometre direncini kontrol uygulamasına göre düşürmektedir. Ancak bu etki sınırlı ve uygulamalardaki artışın düzensiz olması istatistiksel olarak önemsiz çıkmasına sebep olmuştur. Kullanılan materyalin toprağa sağladığı bu olumlu etki toprakta havalanma, infiltrasyon, kök dağılımı gibi birçok faktöre az ya da çok olumlu etki yapacağı için değerli bir katkı olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.5. Zeytin pırınası ve biyokömür uygulamalarının toprak su miktarı, penetrometre direnci, tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı üzerine etkileri¹

UYGULAMALAR	Toprak Su Miktarı (%Nem)		Tarla Kapasitesi (%)		Solma Noktası (%)		Penetrometre Direnci (N cm ⁻²)		Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	
	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina
0 ton da ⁻¹	7.600b ²	7.600ab	17.974	17.974	10.880	10.880	190.6	190.6	1.648ab	1.648ab
0.5 ton da ⁻¹	9.520a	7.140b	18.496	18.028	11.234	10.992	167.0	153.8	1.720a	1.606b
1.0 ton da ⁻¹	9.440a	8.660a	19.122	18.622	10.794	11.204	152.6	169.2	1.578b	1.688a
1.5 ton da ⁻¹	8.860ab	7.780ab	19.248	18.840	11.162	11.532	155.8	175.2	1.590b	1.668a
Ortalama	8.855	7.795	18.710	18.366	11.017	11.152	166.5	172.2	1.634	1.652
LSD _{Doz} (%5)	*	*	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	*	*
LSD _{Uyg.} (%5)	**	**	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	*	*

1. Değerler 5 tekerrür ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

ö.d: Önemli değil, *: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, ***: %0.1 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi topraklara biyokömür ve zeytin pirinası uygulamalarının tarla kapasitesinde ve solma noktasında ki nem içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önem meydana getirmemiştir. Fakat tablo incelendiğinde toprağa artan dozlarda biyokömür uygulaması ile tarla kapasitesi kapsamının paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir. Yürütmüş olduğumuz çalışmaya benzer bazı araştırmalar sonucunda toprağa uygulanan zeytinyağı fabrika atıklarından olan pirininin uygulanmasına bağlı olarak, toprakların tarla kapasitesi içeriğinde önemli düzeyde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Al-Widyan vd. 2005; Kavdir ve Killi 2008).

Zeytin pirinası uygulamalarının solma noktası kapsamları incelendiğinde istatistiksel olarak bir önem meydana getirmediği fakat pirina uygulama dozu arttıkça toprakların solma noktası içeriklerinin de arttığı görülmektedir (Çizelge 4.5). Bayram (2016), farklı tarımsal atıklardan elde ettiği biyokömürleri incelemiştir. Çalışmasının sonunda biyokömürlerin tarla kapasitesi, solma noktası gibi toprak fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini bildirmiştir.

Suleiman (2003), yapmış olduğu çalışmasında farklı özelliklere sahip olan topraklara hayvansal, endüstriyel ve şehirsal atıklardan elde edilmiş olan organik materyalleri uygulamıştır. Çalışmasında uygulamış olduğu materyallerin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, toprağa organik materyal uygulamaları ile toprağın su tutma kapasitesinde artış olduğunu bildirmiştir.

Toprağa uygulanan biyokömür ve zeytin pirinası ile toprakların hacim ağırlığı değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önem meydana getirmiştir. (Çizelge 4.5). Toprakların hacim ağırlıkları, toprağın bazı fiziksel özelliklerinden olan tekstür, strüktür, organik madde miktarı, toprak derinliği ve toprak işlemlerine bağlı olmakla beraber topraktan toprağa hatta aynı toprak içinde mevsimden mevsime değişkenlik gösterebilmektedir.

Zeytin pirinası uygulanan alanlarda en fazla azalma P₁ uygulama düzeyinde (1.61 g cm⁻³) olduğu belirlenmiştir. Zeytin pirinasının P₂ ve P₃ uygulama düzeyi hacim ağırlığı bakımından istatistiksel olarak bir farklılık taşımadığı için aynı harfle gösterilmiştir. Değerlerin sayısal olarak birbirine yakın olması uygulamaların etkisinin istatistiksel olarak düşük önem düzeyinde çıkmasına neden olduğu fark edilmektedir. Bu durum meydana gelen etkinin sadece uygulamalar ile açıklamanın mümkün olmadığını düşündürmektedir. Biyokömür uygulaması yapılan alanlarda ise en düşük hacim ağırlığı değeri B₂ uygulama dozu olan alanda (1.57 g cm⁻³) olduğu belirlenmiştir. Toprakların penetrometre direnci ile hacim ağırlığı arasında da doğru orantılı bir ilişki vardır. Pirina uygulaması ile elde edilen en düşük hacim ağırlığı değeri yine penetrometre direncinin en az olduğu P₁ uygulama alanında görülmüştür. Buna paralel olarak biyokömür uygulanan alanlarda ki en düşük hacim ağırlığı değeri B₂ uygulama dozundan elde edilirken yine en düşük penetrometre direnci değerinin de aynı uygulama düzeyi olduğu görülmektedir.

Zhang vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada toprağa ilave edilen biyokömür uygulamalarının toprağın hacim ağırlığını azalttığını ve bitki kök büyümesi için de olumlu şartlar oluşturmaya yardımcı olduğunu rapor etmişlerdir.

Killi (2008), zeytin katı atığı (pirina)'nın toprak kalitesi üzerine etkileri ve tarımda toprak düzenleyici olarak kullanım olanaklarını araştırdığı çalışmasında pirinayı ham olarak toprağa uygulamış toprağın fiziksel özelliklerinden biri olan hacim ağırlığını belirlemiştir. Çalışmasının sonunda pirinanın bitki ve bitki kök gelişimi üzerine ve toprakların fiziksel özelliklerine olumlu etkilerinin olduğunu bildirmiştir.

4.2.2. Uygulamaların Toprağın Agregat Büyüklük Dağılımı (%) Üzerine Etkisi ve Değerlendirilmesi

Farklı düzeylerdeki zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının toprakların fiziksel özelliklerinden birisi olan agregat büyüklük dağılımı üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, toprağa artan miktarlarda uygulanan biyokömür ile belirlenen fraksiyonlardaki % agregat büyüklük dağılımı arasındaki ilişki istatistiksel anlamda önem meydana getirmemiştir.

Zeytin pirinası uygulaması yapılan alanlarda 4 mm'den büyük fraksiyonlarda pirinanın etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyde önem meydana getirmiş, 4-2 mm fraksiyona sahip topraklarda % 0.01 önem meydana getirmiş 0.5-0.25 mm fraksiyona sahip topraklarda % 5 düzeyde ve 0.25-0.050 mm fraksiyona sahip topraklarda pirinanın etkisi % 1 düzeyde öneme sahip olduğu belirlenirken incelen diğer agregat boyutlarında istatistiksel fark yaratmadığı görülmektedir.

Uygulanan materyallerin birbiri ile olan etkisi karşılaştırıldığında ise 4-2 mm fraksiyona sahip topraklarda ve 0.25-0.050 mm fraksiyona sahip topraklarda % 1 düzeyde önemlilik meydana getirmiştir. Lehmann ve Joseph (2009)'in bildirdiğine göre yapılan çalışmalarda biyokömür'ün toprakta uzun süre uygulanması halinde, mikrobiyal parçalanma ve mineralizasyonda oldukça dayanıklı bir yapısı olduğu için, topraklarda 1000 yıl kalabileceğini ifade etmişlerdir. Laird vd. (2010a) ise biyokömür'ün toprakta kalma süresi arttıkça toprakta bulunan metalik katyonların, oksi-anyonların ve organik bileşiklerin bağlanacağı yüzeylerde artacağı için biyokömür'ün fonksiyonlarının toprakta kalma süresi uzadıkça ve yaşlandıkça büyük bir olasılıkla değişkenlik göstereceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi toprağa uygulanan pirina materyalinin % agregat büyüklük dağılımına etkisi fraksiyonlar arasında değişkenlik göstermiştir. 4 mm'den büyük olan toprak fraksiyonu % 5 düzeyde önemli görülüp kontrol grubunda % 11.73 iken en yüksek uygulama dozu olan P₃ düzeyinde bu değer % 13.30 olarak bulunmuştur. 4 mm ve 2 mm arasında kalan toprak fraksiyonu % 0.1 düzeyde önemli olup artan pirina uygulamaları ile bu boyuta sahip olan topraklarda % agregat stabilitesinde artış olduğu görülmüştür. P₂ ile P₃ düzeyinde uygulanan pirina materyali arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı için aynı harfle gösterilmiştir. Bu makro büyüklükteki toprak boyutunun pirina uygulanmasıyla artması toprakların fiziksel özellikleri üzerinde olumlu yönde etki ettiğini göstermektedir. Bitki kök bölgesinin havalanması, köklerin rahat hareket edebilmesi, besin alınımının kolaylaşması için toprakta bu fraksiyonun önemli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.6. Zeytin pırinası ve biyokömür uygulamalarının toprağın agregat büyüklük dağılımı üzerine etkisi¹

Uygulamalar	Dozlar	Agregat Boyutu (mm) (%)							
		<4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,050	>0,050	
BIYOKÖMÜR	B ₀ (0 ton da ⁻¹)	11.72	9.300	12.42	12.15	16.48	33.36	4.36	
	B ₁ (0.5 ton da ⁻¹)	14.51	10.67	12.67	11.57	14.74	31.20	4.46	
	B ₂ (1.0 ton da ⁻¹)	12.79	10.70	12.86	11.93	15.73	31.95	3.87	
	B ₃ (1.5 ton da ⁻¹)	12.69	10.44	12.82	12.21	15.55	31.47	4.67	
	Ortalama	12.93	10.28	12.69	11.96	15.62	31.99	4.34	
LSD _{Doz} (%5)		ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	
PİRİNA	P ₀ (0 ton da ⁻¹)	11.72ab ²	9.300b	12.42	12.15	16.48a	33.36a	4.36	
	P ₁ (0.5 ton da ⁻¹)	10.91b	9.108b	12.28	12.24	16.28ab	34.32a	4.71	
	P ₂ (1.0 ton da ⁻¹)	10.15b	10.35a	12.87	12.02	15.84ab	34.09a	4.51	
	P ₃ (1.5 ton da ⁻¹)	13.30a	11.16a	12.60	11.72	15.18b	31.63b	4.27	
	Ortalama	11.52	9.980	12.54	12.03	15.94	33.35	4.46	
LSD _{Doz} (%5)		*	***	ö.d	ö.d	*	**	ö.d	
LSD _{Uyg.} (%5)		ö.d	**	ö.d	ö.d	ö.d	**	ö.d	

1. Değerler 5 tekrerrüt ortalamasıdır.

2. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

ö.d: Önemli değil, *: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, ***: %0.1 düzeyinde önemli.

0.25-0.050 mm toprak fraksiyonlarının istatistiksel açıdan % 1 öneme sahip olduğu görülmektedir. Bu fraksiyona sahip olan topraklarda uygulama miktarı arttıkça agregat büyüklük miktarında azalma meydana geldiği görülmektedir. Bu azalmanın sebebi olarak toprakların <4 mm ve 4-2 mm fraksiyonlarında meydana gelen artışın etkili olduğu söylenebilir. Bu bilgilerin ışığında mikro agregatların birleşerek makro büyüklükteki agregatları oluşturduğu sonucuna varmak mümkündür.

Rilling ve Mummey (2006), biyokömür üzerine yapmış oldukları çalışmalarda ve araştırmalarda toprağa ilave edilen biyokömür'ün toprağın strüktür yapısını olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Demiralay (1970) 'in bildirdiğine göre belirli organik madde fraksiyonlarının (hayvansal veya bitkisel) agregatların stabile edilmesinde başlıca rolü üstlendikleri ve strüktürü geliştirici olarak kullanıldıklarını belirtmiştir. Fakat bu materyallerin toprakta ki mikroorganizmalar tarafından parçalanmaya maruz kalmasından dolayı topraktaki yapısal değişime olan eğilimlerinde kısa süreli olduğu bildirilmektedir.

4.2.3. Uygulamaların Toprağın Agregat Stabilitesi (%) Üzerine Etkisi ve Değerlendirilmesi

Farklı düzeylerdeki zeytin pırasası ve biyokömür uygulamalarının toprakların fiziksel özelliklerinden birisi olan agregat stabilitesi üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, toprağa artan miktarlarda uygulanan biyokömür ve zeytin pırasası uygulaması ile toprakların makro ve mikro büyüklükteki agregat stabilitesi üzerine etkisi istatistiksel anlamda bir fark meydana getirmemiştir.

Toprağa uygulanan organik materyallerin etkileri karşılaştırıldığında ise makro büyüklükteki agregat fraksiyonları üzerine etkisi istatistiksel anlamda % 5 düzeyde önemlilik meydana getirmiştir. Mikro büyüklükteki agregat stabilitesi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Zeytin pırasası ve biyokömür uygulamaların toprağın makro (2-1mm) ve mikro (0.25-0.050 mm) ölçeğindeki agregatların stabilitesi üzerine etkisi¹

UYGULAMALAR	Agregat Stabilitesi % (Makro 2-1mm)		Agregat Stabilitesi % (Mikro 0.25-0.050mm)	
	Biyokömür	Pirina	Biyokömür	Pirina
0 ton da ⁻¹	8.177	8.177	93.824	93.824
0.5 ton da ⁻¹	7.262	13.26	93.912	93.790
1.0 ton da ⁻¹	4.268	9.602	93.846	93.330
1.5 ton da ⁻¹	7.186	14.95	94.386	94.262
Ortalama	6.723	11.49	93.992	93.801
LSD _{Doz} (%5)	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d
LSD _{Uyg.} (%5)	*		ö.d	

1. Değerler 5 tekerrür ortalamasıdır.

Sonuçlar toplu olarak değerlendirildiğinde toprağın fiziksel özellikleri üzerine kısa vadeli uygulamaların incelenen kriterlerde istatistiksel anlamda önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür. Fakat makro agregatların stabilitesinde önemli olabilecek değişiklikler söz konusudur. Ancak tekerrürler arasındaki farkların çok olması sonuçların istatistiksel anlamda önemsiz çıkmasına neden olmuştur. Bu durum bize toprağın fiziksel özelliklerinin toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerine göre çok daha zor değiştiğini göstermektedir. Konu ile ilgili yerli ve yabancı literatürler araştırıldığında uygulamaların istatistiksel olarak önemli çıktığı çalışmaların genellikle toprağa uzun vadeli uygulamaların yapıldığı çok yıllık çalışmalar olduğu açık şekilde görülmektedir. Tüm bu literatür taramalarının ve yaptığımız çalışmanın ışığında bahsedilen kriterlerde iyileşme sağlayabilmek için toprağa yapılacak uygulamaların tekrarlı olması gerektiğini söylemek mümkündür. Mahmoud vd. (2012) yapmış olduğu bir çalışmada zeytin katı atığının 5-15 yıl süresince toprağa uygulanması ile toprak agregat stabilitesini arttırdığını belirlemişlerdir. Killi, (2008) tarafından yapılmış olan benzer bir çalışmada kontrol parselinde % 4.6 olarak belirlenen agregat stabilitesi değeri topraklara % 10 pirina uygulamasının yapılması ile % 88 olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Cui vd. (2004) yapmış oldukları çalışmalarında biyokömür'ün topraktaki fiziksel stabiliteyi arttırdığını rapor etmişlerdir.

5. SONUÇLAR

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte erozyon, küresel ısınma, kirlilik ve doğal kaynakların yanlış kullanılması gibi çevresel problemlerin giderek artması tarımsal alanlarında azalmasına ve yok olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle toprakların kalitesinin artırılması ve bizden sonra ki gelecek nesillerde devredebilmek için uygun amenajman teknikleri kullanılması ve problemleri tarım alanları düzeltilerek yeniden tarıma kazandırılmalıdır.

Endüstriyel ve tarımsal faaliyetler de hem çevre hem de toprakların kirlenmesine sebep olmaktadır. Ormanların yakılması veya tahrip edilmesi, tarım alanlarının gereğinden fazla işlenmesi, fosil yakıtlarının fazla kullanımı gibi etkenlerde son dönemde en büyük çevresel felaket olan küresel ısınmanın etkilerini indirgemek ve tarım yapılan topraklarında organik madde içeriklerini stabil tutabilmek veya arttırmak için yapılan çalışmalar da giderek artmaktadır. Bu sebeplede ülkemiz için henüz yeni bir konu olan fakat yurt dışında daha yaygın olarak kullanılan birçok organik materyalin pirolizi ile elde edilen ve karbon içeriği bakımından çok yüksek olan biyokömür adı verilen organik materyal bu amaçlarla kullanılmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasında, geri dönüşümünün topraklarımız açısından birçok faydasının olabileceği aynı zamanda tarımsal atıkların değerlendirilmesi bakımından zeytinyağı fabrikalarında bir sorunu olan zeytin katı atığı pirina ve bu pirinanın küresel ısınma konusunda ve toprakların ıslahı içinde yoğun olarak kullanılan biyokömür materyali kullanılmıştır.

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama arazisinde yürütülmüştür. Zeytinyağı fabrika atığı olan pirina ve bu pirinanın piroliz işlemine tabi tutulmasıyla elde edilen biyokömür materyali toprağa 0, 0.5, 1.0, 1.5 ton da⁻¹ dozlarında 1x1= 1m²'lik parsellere homojen bir şekilde karıştırılarak uygulanmıştır. Deneme 2 organik materyal X 4 doz X 5 tekerrür = 40 parsel olarak açık arazide hazırlanarak tesadüf deneme planı uygulanmış ve deneme 24 hafta (6ay) inkübasyona bırakılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki değişimler incelenmiştir. Bu incelemelerde zeytin pirinası ve biyokömür uygulamalarının karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi olan (ANOVA), pirina ve biyokömür uygulamalarının benzer olanlarının gruplandırılmasında ise DUNCAN testi kullanılmıştır. Denemeler sonucunda elde edilen bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Biyokömür uygulaması yapılan alanlar makro element konsantrasyonları açısından değerlendirildiğinde sadece biyokömür uygulaması ile deneme alanının toplam N konsantrasyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve biyokömür uygulaması ile toprakların N içeriğinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Sadece zeytin pirinası uygulanan alanlarda da toplam N konsantrasyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve pirina uygulama miktarı arttıkça toprakların N kapsamının artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığında ise her iki materyalinde toprağa uygulanmasının ardından toprakların N konsantrasyonu artış göstermiştir. Fakat uygulanan organik materyallerin toprağın P kapsamı üzerine etkisi istatistiksel olarak önem meydana getirmemiştir.

Yapılan uygulamalar K kapsamı bakımından göstermiştir ki topraklara hem biyokömür uygulanması hem de pirina uygulanması ile istatistiksel olarak önemlilik göstermiş ve biyokömür uygulama miktarı arttıkça toprakların K kapsamında belirgin olarak artış göstermiştir. Fakat bu değerler özellikle biyokömür uygulaması yapılan alanlarda daha yüksek bulunmuştur. Her iki uygulamada Mg ve Ca üzerine istatistiksel olarak önem belirtmesede toprağa uygulama miktarlarının artmasıyla Mg ve Ca konsantrasyonu üzerinde hafif de olsa artış sağladığı belirlenmiştir. Na içeriği üzerine biyokömür uygulanan alanlar istatistiksel olarak önemsiz olarak bulunmuş fakat pirina uygulaması yapılan alanların istatistiksel anlamda % 5 düzeyde önemli olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni materyallerin toprağa uygulanmasıyla besin elementlerinin topraktaki çözünürlüklerini ve yayılgılığını arttırmışından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan uygulamalar toprakların EC değeri üzerine etkisi istatistiksel anlamda bir fark yaratmamıştır. Fakat pH ve KDK değeri üzerinde önemli etkilerinin bulunduğu görülmektedir. Özellikle pH değeri düşük olan asidik topraklarda bu materyallerin uygulanması toprakların pH değerini yükselterek bir çok besin elementinin de alınımını kolaylaştıracak olan nötr pH'ya toprakları yaklaştıracak ve verimliliğin artmasına katkı sağlayacağını da söylemek mümkündür.

Toprağa uygulanmış olan bu materyallerden biyokömür haline dönüştürülmeden pirina uygulamaları ile toprakların organik madde ve organik karbon içerikleri hem istatistiksel olarak önemli bulunmuş hem de toprakların organik madde ve organik karbon içeriklerini belirgin olarak arttırdığı belirlenmiştir.

Biyokömür ve pirina uygulamalarının Zn, Fe, Mn, Cu konsantrasyonları ele alındığında sadece biyokömür uygulaması Zn üzerine istatistiksel olarak önemlilik gösterirken diğer uygulamalar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bunun nedeni olarak ülkemiz topraklarının genelinde pH içeriğinin yüksek olması, kireç içeriğinin fazla olması ve organik madde içeriğinin düşük olması topraklarda mikro elementlerin güç çözünür bileşiklere dönüştürdüğünden dolayı noksanlıklarının yaygın olduğu kanısına varılabilir.

Yapılan uygulamaların toprakların fiziksel özelliklerine etkileri değerlendirildiğinde ise biyokömür uygulaması ile toprak su miktarı arasında istatistiksel olarak bir önem var olduğu görülmektedir. Aynı zamanda pirina uygulamaları ile toprakların hacim ağırlığı istatistiksel olarak önemli görülmüştür. Toprakların hacim ağırlıkları değerleri pirina uygulaması ile olumlu yönde bir sonuç göstermiştir. Buna dayanarak pirina uygulanacak alanlarda yetiştiricilik yapılacağı zaman toprakların işlenmesini kolaylaştıracak, toprakların tava gelmesini kolaylaştıracak, bitkilerin köklerinin sıkışmadan hareket edebileceği, bitki besin maddeleri ve bünyesine alması gereken sudan maksimum fayda sağlayacağı söylenebilir.

Yapılan uygulamalar ile toprakların % agregat stabiliteleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu konuya benzer yapılan diğer çalışmalarda biyokömür ve pirina uygulamalarının toprağın agregat stabilitelerini olumlu yönde arttırdığı görüşündedirler. Topraklara zeytin pirinasi ve biyokömür uygulanması ile % agregat büyüklük dağılımları üzerine etkisinin istatistiksel olarak en çok pirina uygulamaları ile

olduğu ve 4 mm ve 2 mm makro boyutlarda ve 0.25 ile 0.050 mikro boyutlar üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışma göstermektedir ki toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi bakımından zeytin pırasası ve biyokömür materyali topraklarda rahatlıkla kullanılabilir. Yukarıda belirtilmiş olan parametrelerin çoğunluğu 1.0 ton da⁻¹'da uygulanan zeytin pırasası ve biyokömür uygulanması ile toprakların olumlu yönde etkilendiğidir. 1.0 ton da⁻¹ ile 1.5 ton da⁻¹ arasında belirgin bir farklılığın olmadığı bahsi geçen değerler genelde yapılan iki uygulamada da birbirlerine yakın olarak bulunmuştur. Buna dayanarak 1.0 ton da⁻¹ zeytin pırasası ve biyokömür'ün topraklara uygulamasının yeterli ve ekonomik olacağını söylemek mümkündür. Ancak biyokömür'ün kimyasal bileşiminin piroliz edilen organik materyale göre değişkenlik gösterebileceği göz ardı edilmemelidir. Fakat bir genelleme ve yapılan birçok çalışma göstermektedir ki biyokömürlerin pH değerlerinin yüksek olduğudur.

Bu sebeple özellikle ülkemizde Karadeniz bölgesi topraklarının pH değerlerinin arttırılması istenilen alanlarda biyokömür pH düzenleyici olarak kullanılabilir. Yapmış olduğumuz çalışma ile organik materyal olan zeytin pırasası ve bu pırasadan elde edilen biyokömür'ün sadece toprak özelliklerine olan etkisine bakılmıştır. Bu nedenle farklı toprak özelliklerine sahip ve değişik bitkilerde bu gibi çalışmaların arttırılmasının bu materyallerin daha güvenli kullanımına yönelik olarak verilerin sağlanması bakımından önemli katkılarının olacağı düşünülmektedir. Takip eden çalışmaların çok yıllık ve çakılı deneme düzeninde planlanması; kullanılan materyalin toprağın özellikle fiziksel parametreleri üzerinde oluşturduğu etkilerin daha iyi anlaşılması için fayda sağlayacağı yaptığımız çalışma neticesinde görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- Abdullah, H., Mediaswanti, K.A. ve Wu, H.W. 2010. Biochar as a fuel: 2. Significant differences in fuel quality and ash properties of biochars from various biomass components of Mallee trees. *Energy Fuels* 24: 1972–1979.
- Al-Wabel, M., Usman, A.R.A., El-Naggar, A.H., Aly, A.A., Ibrahim, H.M., Elmaghraby, S. And Al-Omran, A., 2014. Conocarpus biochar as a soil amendment for reducing heavy metal availability and uptake by maize plants. *Saudi Journal of Biological Sciences*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.003>
- AL-Widyan, M.I., Nassim, Al-A., Hamid, Al-J., 2005. Effect of composted olive cake on soil physical properties. *Communications in soil science and plant analysis*, Vol. 36: 1199-1212.
- Alexander, M., 1995. How Toxic are Toxic Chemicals in Soil. *Environmental Science and Technology*, 29(11), 2713-2717. doi: 10.1021/es00011a003.
- Anonim, 2011a. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Türkiye’de tarımsal üretim bitkileri istatistiği, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?tb_id=45&ust_id=13 (Erişim Tarihi: 27.10.2011)
- Anonim, 2011b. Türkiye zeytincilik araştırma enstitüsü, zeytin üretimi ve zeytinyağı raporu. <http://www.zae.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 05.11.2011).
- Anonymous, 1978. Torf fur gartenbau und landwirtschaft (DIN 11542).
- Asai, H., Samson, B.K., Stephan, H.M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T., Horie, T., 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research* 111(2009) 81-84.
- Atila, B. 2015. Portakal Küspesinden Hidrotermal Yöntemle Biyokömür Eldesi, Ege Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Bilimleri Anabilim Dalı.
- Atkinson, C., J. Fitzgerald, and N. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant Soil* 337:1–18.
- Azargohar, R., ve Dalai ,A.K. 2008. Steam and KOH activation of biochar: Experimental and modeling studies. *Microporous Mesoporous Mater.* 110: 413–421.
- Baldock, J. A. And Smernik, R. J. 2002. Chemical composition and bioavailability of thermally altered *Pinus resinosa* (Red pine) wood, *Organic Geochemistry*, 33: 1093-1109
- Başkan, A.E. 2010. Zeytinyağı İşletmelerinin Atıkları ve Değerlendirilme Yolları. T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı, Denizli.
- Bayram, Ö, 2016. Farklı tarımsal atıklardan üretilen biochar’ların çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı.

- Black, C A 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin, U.S.AA. 1372-1376.
- Bridgwater, A.V. 1994. Catalysis in thermal biomass conversion. Appl. Catal. A Gen. 116:5-47.
- Bouyoucos, G.J. 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils, Agronomy Journal 4 (9): 434.
- Boza, J., J. Fonolla and J. Aguilera. 1970 Aprovechamiento de subproductos agricolas – industriales en la alimentación del ganado ovino. 1. Estudio de la digestibilidad de dietas a base de orujo de aceituna y melaza de remolacha. Rev. Nutr. Anim. 1: 13-22.
- Calderon, A., 2000. Primeros de la aplicacion de alpeorajo en un cultivo de arroz (Oriza sativa L.). Proyecto Fin de Carrera, EUITA, Universidad de sevilla.
- Canbolat, Ö., A. Karabulut ve F. Gürbüzol. 2003. Zeytin ağacı dal ve yaprakları ilezeytin küspesinin yem değerinin in vivo ve in vitro yöntemlerle saptanması. III. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi. Ankara 332-342.
- Chan, K. Y., Zwieten, L.V., Meszaros, I., Downie, A. And Joseph, S., 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Soil Research* 46 (5): 437-444.
- Chapman, S.J. 1997. Carbon Substrate Mineralization and Sulphur Limitation, *Soil Biology & Biochemistry*, 29:115.122.
- Chiofalo, B., L. Liotta, A. Zumbo and V. Chiofalo. 2004. Administration of olive cake for ewe feeding: effect on milk yield and composition. *Small Rum. Res.* 55: 169-176.
- Cui, Y. J., Zhu, Y. G., Zhai, R. H., Chen, D. Y., Hang, Y. Z., Qiu, Y. Ve Liang, J. Z. 2004. Transfer of metal from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning China. *Environment International* 30: 785-791.
- De Groot, W.F., T.H. Osterheld, and G.N. Richards. 1991. Chemisorption of oxygen and of nitric oxide on cellulosic chars. *Carbon* 29:185-195.
- Demiralay, İ. 1970. Structural Stability Studies on Soils. A Thesis Submitted to the University of Aberdeen for the Degree of Doctor of Philosophy. Soil Science Department, pp: 6-46.
- Demiralay, İ. 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Yayınları No: 143. Erzurum, s:90-95.
- Epa Method 3051, 2007. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils an oils, in Test Methods For Evaluating Solid Waste, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA, 3rd edition.
- Free, H.F., McGill, C.R., Rowarth, J.S., Hedley, M.J. 2010. The effect of biyocars onmaize (*Zea mays*) germination. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53(1):1- 4.
- Garcia, A.I., A. Moumen, D.R. Yanez Ruiz, and E. Molina Alcaide. 2004. Effect of polyethylene-glycol on the chemical composition and nutrient availability of olive (*Olea europaea* var).

- Garcia, B.L., Alcántara, L.P., Alborno, M. T.C., 2011. Effects of oil mill wastes on surface soil properties, runoff and soil losses in traditional olive groves in southern Spain. *Catena*. 85 (3): 187-193.
- Garcia-Ruiz, R., Ochoa, M.V., Hinojosa, M. B., Gómez-Munóz, B., 2012. Improved Soil Quality After 16 Years of Olive Mill Pomace Application in Olive Oil Groves. *Agron. Sustain. Dev.* 32: 803-810 DOI: 10.1007/s13593-011-0080-7
- Garcia, B.L., Alcántara, L.P., Alborno, M.D.T.C.D., 2011. Effects Oil Mill Wasters on Surface Soil Properties, Runoff and Soil Losses in Traditional Olive Groves in Southern Spain. *Catena*. 85: 187-193.
- Gaskin, J.W., Speir, R.A., Harris, K., Das, K.C., Lee, R.D., Morris, L.A., Fisher, D.S. 2010. Effect of Peanut Hull and Pine Chip Biochar on Soil Nutrients, Corn Nutrient Status, and Yield. *Agronomy Journal*, 102: 623-633.
- Glaser, B., Lehmann, J., ve Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoals a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 219-230.
- Hadjiapanayiotou, M. 1994. Voluntary intake and performance of ruminant animals offered poultry litter-olive cake silage. *Lives. Res. Rural Dev.* 6:2.
- Hadjiapanayiotou, M. 1999. Feeding ensiled crude olive cake to lactating Chios ewes, Damascus goats and Friesian cows. *Lives. Prod. Sci.* 59:61-66.
- Harter, J., Krause, H., Schuettler, S., Ruser, R., Fromme, M., Scholten, T., Kappler, A. And Behrens, S. 2014. "Linking N₂O emissions from biochar-amended soil to the structure and function of the N-cycling microbial community", *International Society for Microbial Ecology*, 8: 660-674.
- Hossain, M.K., Strezov, V., Chan, K.Y., Ziolkowski, A., ve Nelson, P.F. 2011. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. *J. Environ. Manage.* 92: 223–228.
- Houben, D., Evrard, L. And Sonnet, P., 2013. Beneficial effects of biochar application to contaminated soils on the bioavailability of Cd, Pb and Zn and the biomass production of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Biomass and Bioenergy*, 57: 196-204.
- Hua, L. Wu, W.X. ve Liu, Y. 2009. Reduction of nitrogen loss and Cu and Zn mobility during sludge composting with bamboo charcoal amendment. *Environmental Science and Pollution Research*, 16: 1-9.
- Jackson, M.L. (1967). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jha, S.N., Kingsly, A.R.P., Sangeeta, C., 2005. Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. *Journal of Food Engineering*, 72: 73-76.
- Jones, D.L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., Deluca, T.H., Murphy, D. V., 2011. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biology & Biochemistry* 45 (2012) 113-124.

- Kacar, B., 1995. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Yayın No:3 Ankara.
- Kadıoğlu, A. 1999. Bitki Fizyolojisi. 2. Baskı, Trabzon.
- Kavdir, Y., Killi, D., 2008, Influence of olive oil solid waste applications on soil pH, electrical conductivity, oil nitrogen transformations, carbon content and aggregate stability. *Bioresource Technology* 99: 2326–2332.
- Killi, D., 2008. Zeytin katı atığı (pirina)'nın toprak kalitesi üzerine etkileri ve tarımdatoprak düzenleyici olarak kullanım olanakları, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Toprak Anabilim Dalı.
- Killi, D., Anlauf, R., Kavdir, Y., Haworth, M., 2014. Assessing The Impact of Agro-Industrial Olive Wastes in Soil Water Retention: Implications for Remediation of Degraded Soils and Water Availability for Plant Growth. *International Biodeterioration & Biodegradation* 94: 48-56.
- Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., Karlen, D., 2010a. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158 436-442
- Laird D, Fleming P, Davis DD, Horton R, Wang B, Karlen DL. 2010b. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158: 443–449.
- Lehmann, J., Da Silva, Jr., J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments, *Plant and Soil*, vol 249: 343- 357.
- Lehmann, J. Liang, B., Solomon, D., Lerotic, M., Luizao, F., Kinyangi, F., Scchafer, T., Wirick, S. And Jacobsen, C. 2005. Near-edge X-ray absorption fine structure (NEXAFS) spectroscopy for mapping nano-scale distribution of organic carbon forms in soil: Application to black carbon particles, *Global Biogeochemical Cycles*, vol 19, pGB1013.
- Lehmann, J., Gaunt, J., ve Rondon, M., 2006. Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – a review. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change* 11, 403–427.
- Lehmann, J., 2007a. A Handful of Carbon. *Nature*, 447:143-144.
- Lehmann, J., 2007b. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7), 381-387.
- Lehmann, J., ve Joseph, S. 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Ltd., London, UK.
- Lehmann, J., M. Rilling, J. Thies, C.A. Masiello, W.C. Hockaday, and D. Crowley. 2011. Biochar effects on soil biota: A review. *Soil Biol. Biochem.* 43:1812–1836.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J. O., Thies, J., Luizão, F. J., Petersan, J., ve Neves, E. G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 1719-1730.

- Lindsay, W.L. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper, *Soil Science America Journal*. 42(3): 421-428.
- Lliffe, R. 2009. Is the biochar produced by an Anila stove likely to be a beneficial soil additive. UKBRC Working Paper 4: UK Biochar Research Centre: Edinburgh, UK.
- Lozano-García, B., Parras-Alcántara, L., Albornoz, M.D.T.C.D., 2011. Effects Oil Mill Wasters on Surface Soil Properties, Runoff and Soil Losses in Traditional Olive Groves in Southern Spain. *Catena* 85 187-193.
- Lu, S.G., Su N, F.F., Zog, Y.T., 2014. Effect of rice husk biochar and coal fly ash on some physical properties of expansive clayey soil (vertisol). *Catena*, 114 (2014): 37-44.
- Lucchini, P., Quilliam, R.S., Deluca, T.H., Vamerali, T., Jones, D.L., 2014. Does biochar application alter heavy metal dynamics in agricultural soil?. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184(2014) 149-157.
- Mahmoud, M., Jansses, M., Peth, S., Horn, R., Lennartz B. 2012. Long-term impact of irrigation with olive mill wastewater on aggregate properties in the top soil. *Soil & Tillage Research* 124: 24–31.
- Majeed, A.J. 2014. Toprak verimliliğini arttırmak için bir toprak düzenleyici olarak biochar. Yüksek lisans tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 72 s.
- Marsilio V., Di Giovacchino, L., Solinas, M., 1989. First Observations on the Disposal Effects of Olive Oil Mills Vegetation Waters on Cultivated soil. *Ist. sperim. perla, elaiotecnica Pescara-italia*
- Martin Garcia, A.I., A. Moumen, D.R. Yanez Ruiz, and E. Molina Alcaide. 2003. Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves *Anim. Feed Sci. Technol.* 107:61–74.
- Molina Alcaide, E., D.R. Yanez Ruiz, A. Moumen, and A.I. Martin Garcia. 2003a. Chemical composition and nitrogen availability for goats and sheep of some olive by-products. *Small Rum. Res.* 49: 329– 336.
- Molina Alcaide, E., D.R. Ruiz, A. Moumen, and A.I. Martin Garcia 2003b. Ruminant degradability and in vitro intestinal digestibility of sunflower meal and in vitro digestibility of olive by-products supplemented with urea or sunflower meal comparison between goats and sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 110: 3–15.
- Moreno, M.T., Carmona, E., S.A.D., Ordovás, J., Delgado, A., 2015. Olive Husk Compost Improves The Quality of Intensively Cultivated Agricultural Soils. *Land Degradation & Development*. 27: 449-459.
- Nefzaoui, A., P.H. Hellings and M. Vanbelle. 1983. Ensiling olive pulp with ammonia: effects on voluntary intake and digestibility measured by sheep. 34th Annual Meeting of The EAAP Study Commission, Madrid, Spain.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539-579. In A.L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc. Agron. Madison, WI.
- Ni M., Leung, D.Y.C., Leung, M.K.H., Sumathy K. 2006. An Overview Of Hydrogen Production From Biomass. *Fuel Processing Technology*, 87: 461-472.

- Olsen, S.R. and Sommers, E.L. 1982. Phosphorus Availability Indices. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate Methods of Soils Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Editors: A.L. Page. R.H. Miller. D.R. Keeney, 404-430.
- Paredes, M., Moreno, E., Ramos-Cormenzona, A., Martinez, A., 1987. Characteristics of Soil after Pollution with Wastewater from Olive Oil Extraction Plants. *Chemosphere* 16 (7): 1557-1564.
- Quilliam, R.S., Marsden, K.A., Gertler, C., Rousk, J., Deluca, T.H., 2012. Nutrient dynamics, microbial growth and weed emergence in biochar amended soil are influenced by time since application and reapplication rate. *Agriculture Ecosystems and Environment* 158(2012) 192-199.
- Rilling, M.C., ve Mummey, D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171, 41-53.
- Salgado, E., 2000. Primeros resultados de la aplicacion de alpeorujo en un cultivo de maize (*Zea mays* L.). Proyecto Fin de Carrera, EUITA, Universidad de Sevilla.
- Skjemstad, J.O., Reicosky, D.C., Wilts, A.R., ve McGowen, J.A. 2002. Charcoal carbon in U.S. agricultural soils. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1249-1255.
- Sohi, S.P., E. Krull, E. Lopez-Capel, and R. Bol. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. P. 47–82. In Donald L. Sparks (ed.) *Advances in agronomy*. Academic Press, Waltham, MA.
- SPSS, 2008. *Spss Statistics for Windows*, version 17.0 SPSS Inc., Chicago, USA.
- Steiner, C., Das, K.C., Garcia, M., Forster, B., ve Zech, W. 2008. Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic ferral soil. *Pedobiologia-International Journal of Soil Biology*, 51: 359-366.
- Suleiman, M. 2003. Changes in Soil Properties Following a 40 and 20 Years Application of Organic Waste. *Agronomy and Soil Science*. 49 (1): 105-110.
- TUİK, 2015. Tarımsal Yapı ve Üretim. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Ankara.
- Tunalıoğlu, R., 2004. Pirina yağı. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*, 5 (12): 12-19.
- Tunalıoğlu, R., Armağan, G., 2008. Aydın İlindeki Zeytinyağı İşletmelerinde Elde Edilen Yan Ürünlerin Tarım-Sanayi ve Çevre İlişkileri Boyutunda Değerlendirilmesi Türkiye VIII. Tarım Ekonomisi Kongresi Bildiri Kitabı. Cilt 2. Bursa, Türkiye.
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K.Y., Downie, A., Rust, J., Joseph, S., ve Cowie, A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil* 327, 235e246.
- Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper, T.W., ve Rilling, M.C. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil: concepts and mechanisms. *Plant and Soil* 300, 9-20.

- Winsley, P. 2007. Biochar and Bioenergy Production For Climate Change Mitigation. *New Zealand Sci. Review*, 64: 5-10
- Yip, K., Wu, H. ve Zhang, D.K. 2007. Effect of inherent moisture in collie coal during pyrolysis due to in-situ steam gasification. *Energy Fuels* 21: 2883–2891.
- Yip, K., Tian, F.J., Hayashi, J. Ve Wu, H.W. 2010. Effect of alkali and alkaline earthmetallic species on biochar reactivity and syngas compositions during steam gasification. *Energy Fuels* 24: 173–181.
- Yuan, J.H., Xu, R.K., Zhang, H., 2010. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresource Technology*, 102: 3488-3497.
- Zang, A., Cui, L., Pan, G., Li, L., Hussain, Q., Zhang, X., 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139: 469-475.
- Zhang, Z. Y., Meng, J., Dang, S., ve Chen, W. F. 2014. Effect of Biochar on Relieving Cadmium Stress and Reducing Accumulation in Super japonica Rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(3): 547-553.
- Zhou, J. B., Deng, C. J., Chen, J. L., ve Zhang, Q. S. 2008. Remediation effects of cotton stalk carbon on Cadmium (Cd) contaminated soil. *Ecology and Environment*, 17: 1857-1860.

ÖZGEÇMİŞ

SEDA TORUN
torun.seda07@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2015-2018	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya
Lisans 2011-2014	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya
Önlisans 2009-2011	Ege Üniversitesi Ödemiş Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Bölümü, İzmir