**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# BİYOKÖMÜRÜN ASİDİK BİR TOPRAKTA ORGANİK KARBON MİNERALİZASYONU VE KARBON FORMLARI ÜZERİNE ETKİSİ

**Yasemin AKTAŞ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**ANKARA**
**2019**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

Yasemin AKTAŞ tarafından hazırlanan **"Biyokömürün Asidik Bir Toprakta Organik Karbon Mineralizasyonu ve Karbon Formları Üzerine Etkisi"** adlı tez çalışması 08/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK

**Jüri Üyeleri:**

**Başkan :** Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Üye :** Prof. Dr. Ayten NAMLI
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Üye :** Doç. Dr. Sema CAMCI ÇETİN
Çankırı Karatekin Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. Özlem Yıldırım**
**Enstitü Müdürü V.**

## ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kuralarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

08/07/2019



Yasemin AKTAŞ

# ÖZET


Yüksek Lisans Tezi

BİYOKÖMÜRÜN ASİDİK BİR TOPRAKTA ORGANİK KARBON MİNERALİZASYONU ve KARBON FORMLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Yasemin AKTAŞ

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK

Bu çalışmanın amacı hayvansal kökenli biyokömür (tavuk altlığından elde edilen) uygulamasının asidik bir toprakta karbon mineralizasyonu ve karbon formları üzerine etkisinin belirlenmesidir. Bitkisel kökenli biyokömürlere göre mineral içeriği daha fazla olan tavuk altlığı biyokömürü uygulanan düşük pH'daki toprakta organik maddenin ayrışması sırasında salınan karbondioksitin ölçümü yoluyla C mineralizasyonunun belirlenmesi ve organik maddenin formlarından biri olan partikül organik madde, makro ve mikro agregatlardaki karbonunun belirlenmesi yoluyla toprak düzenleyici olarak etkilerinin ortaya konması amaçlanmaktadır. Araştırmada inkübasyon denemesi kurularak 3 biyokömür dozu, 5 inkübasyon zamanı , 3 tekerrür olmak üzere toplam 45 adet saksıda yürütülmüştür.İnkübasyonun 0, 30, 60, 90 ve 120. günlerde C mineralizasyonu örneklemeleri yapılmıştır.Bu örneklemelerde partikül organik karbon ve mikro ve makro agregatlardaki organik karbon analizi inkübasyonun başında ve sonunda yapılmıştır. Ayrıca her inkübasyon süresi sonunda organik madde, pH, EC ve $CO_2$ analizleri yapılmıştır. %5 oranında uygulanan biyokömürün kontrole göre toprağı fiziksel, kimyasal ve biyoljik açıdan iyileştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmanın, yeni araştırmalara kaynak olarak fayda sağlayacak nitelikte olduğu düşünülmektedir.



**Temmuz 2019, 58 sayfa**

**Anahtar Kelimeler**: Asidik Toprak, Biyokömür, Organik Karbon Mineralizayonu, Organik Karbon Formları

## ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECT OF BİOCHAR ON ORGANİC CARBON MİNERALİZATİON AND ORGANİC CARBON FORMS IN AN ACİDİC SOİL

Yasemin AKTAŞ

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK

The aim of this study is to determine the effect of animal origin biochar (obtained from chicken litter) on carbon mineralization and carbon forms in an acidic soil.It is aimed to determine the mineralization of C by measuring the carbon dioxide released during the decomposition of organic matter in soil at low PH which is applied to chicken base biomass with more mineral content than plant origin biomass and to reveal its effects as soil regulator by determining its carbon in particulate organic matter, macro and micro aggregates. Research incubation experiments were established with 3 different doses, 5 incubation times , 3 repeats in a total of 45 pots of 500 g were carried out. The experiments were conducted as follows:0% (control) biomass without addition, 2% biomass addition, 5% biomass addition. The biomass was mixed with soil and filled into pots and moistened at a rate of 70% of the field capacity. The samples were incubated at (270C) and the reduced humidity level was completed by weighing. C mineralization samples were made on days 0,30,60,90 and 120 of incubation. In these samples, the analysis of particulate organic carbon and organic carbon in micro and macro aggregates was carried out at the beginning and at the end of the trial period. Also; at the end of each incubation period, organic matter, PH, EC, CO2 formation analyzes were performed. It was determined that biochar applied at 5% rate improved the soil PHysically, chemically and biologically compared to control unit. Biochar X time interactions on carbon forms were insignificant. In addition, the study is considered to be useful as a resource for new research.



**Jully 2019, 58 pages**

**Key Words:** Acidic soil, Biyochar, Carbon Mineralization, Organic carbon forms

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, sabırla ve ilgiyle faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını sunan, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK'a (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı) sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İnkübasyon denemesinin kurulması, yürütülmesi ve laboratuvar analizleri sürecinde her türlü desteklerini aldığım değerli hocalarım Araş. Gör. Muhittin Onur AKÇA'ya , Araş. Gör. Çağla Temiz'e ve arkadaşım Abdelbagi MohamedElnour'a teşekkürü borç bilirim.

2237-A kapsamında desteklenen ve katılımcı olarak yer aldığım 112B371800976 nolu ve Analitik Doğa - Kümeleme ve Ordinasyon Teknikleri başlıklı projeye destek sağlayan TÜBİTAK ve projede görev alan eğitmenlere teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca her zaman arkamda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen babam Oktay Aydın, annem Selma Candan, kardeşim Ogün Aydın'a, çalışmalarımda birçok fedakarlıklar göstererek bana yardımcı olan ve beni hep destekleyen sevgili eşim Selçuk Aktaş'a en derin duygularımla teşekkür ederim.

Yasemin Aktaş
Ankara, Temmuz 2019

## İÇİNDEKİLER

**TEZ ONAY SAYFASI**
**ETİK** ..... **i**
**ÖZET** ..... **ii**
**ABSTRACT** ..... **iii**
**TEŞEKKÜR** ..... **iv**
**SİMGELER DİZİNİ** ..... **vii**
**ŞEKİLLER DİZİNİ** ..... **viii**
**ÇİZELGELER DİZİNİ** ..... **ix**
**1. GİRİŞ** ..... **1**
**2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ** ..... **6**
**2.1 Kuramsal temeller** ..... **6**
**2.1.1 Biyokömür ve tarım topraklarına etkisi** ..... **6**
**2.1.2 Toprak ve karbon ilişkisi** ..... **9**
**2.1.3 Toprak karbonunun önemi** ..... **10**
**2.1.4 Asit topraklarda organik karbon mineralizasyonu** ..... **11**
**2.2 Kaynak Özetleri** ..... **12**
**3. MATERYAL VE YÖNTEM** ..... **23**
**3.1 Materyal** ..... **23**
**3.1.1 Örnekleme alanı-lokasyonu** ..... **23**
**3.1.2 İklim** ..... **24**
**3.2Yöntem** ..... **24**
**3.2.1 Örnekleme** ..... **24**
**3.2.2 Analiz yöntemleri** ..... **25**
**3.2.3 İstatistiki analiz metodları** ..... **29**
**4. BULGULAR ve TARTIŞMA** ..... **30**
**4.1 Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri** ..... **30**
**4.2 Denemede Kullanılan Biyokömürün Bazı Kimyasal Özellikleri** ..... **30**
**4.3 Biyokömürün Bazı toprak Özellikleri Üzerine Etkisi** ..... **31**
**4.3.1 Toprak pH** ..... **31**
**4.3.2 Toprak tuzluluğu** ..... **33**
**4.3.3 Toprak $CO_2$ oluşumu** ..... **35**
**4.3.4 Toprak organik madde** ..... **38**
**4.3.5 Toprak partikül organik karbon üzerine etkisi** ..... **40**

**4.3.6 Makro agregatlarda organik madde ..... 42**
**4.3.7 Mikro agregatlarda organik madde ..... 44**
**5. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 47**
**KAYNAKLAR ..... 48**
**ÖZGEÇMİŞ ..... 58**

## SİMGELER DİZİNİ

| | |
|---|---|
| $CO_2$ | Karbondioksit |
| $N_2O$ | Diazot Monooksit |
| C | Karbon |

**Kısaltmalar**

| | |
|---|---|
| BK | Biyokömür |
| MacOM | Makro organik madde |
| MicOM | Mikro organik madde |
| μm | Mikrometre |
| NPK | Azot Fosfor Potasyum |
| OC | Organik Karbon |
| POC | Partikül Organik Karbon |
| TOC | Toplam Organik Karbon |
| TOM | Toprak Organik Madde |

# ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Toprak örneğinin alındığı çay bahçesi ..... 23
Şekil 3.2 Rize/Muradiye bölgesi çay bahçesine ait uydu görüntüsü ..... 24
Şekil 3.3 Örneklerin inkübasyona hazırlanması ..... 25
Şekil 3.4 Toprak örneklerinde $CO_2$ analizi ..... 26
Şekil 3.5 Toprak örneklerinde EC-pH ölçümü ..... 27
Şekil 3.6 Toprak örneklerinde organik madde tayini ..... 27
Şekil 3.7 Toprak örneklerinde partikül organik karbon (POC) tayini ..... 28
Şekil 4.1 Biyokömürün toprak pH'sı üzerine etkisi ..... 32
Şekil 4.2 Biyokömürün Toprak EC'si(dS/m) üzerine etkisi ..... 35
Şekil 4.3 Biyokömürün toprak CO2 oluşumuna etkisi ..... 37
Şekil 4.4 Biyokömürün toprak organik karbonu üzerine etkisi ..... 39
Şekil 4.5 Biyokömürün partikül organik karbon kapsamı üzerine etkisi ..... 41
Şekil 4.6 Biyokömürün makro agregatlarda organik madde üzerine etkisi ..... 44
Şekil 4.7 Biyokömürün mikro agregatlarda organik madde üzerine etkisi ..... 46

# ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Toprak örneğinde bazı verimlilik analiz sonuçları ..... 30
Çizelge 4.2 Biyokömürde bazı kimyasal analiz sonuçları ..... 30
Çizelge 4.3 Biyokömürün toprak pH'sı üzerine etkisi ..... 31
Çizelge 4.4 Biyokömürün Toprak EC'si (dS/m) üzerine etkisi ..... 34
Çizelge 4.5 Biyokömürün toprak $CO_2$ oluşumuna etkisi ..... 36
Çizelge 4.6 Toprak organik karbonu üzerine etkisi ..... 39
Çizelge 4.7 Biyokömürün partikül organik karbon üzerine etkisi ..... 40
Çizelge 4.8 Biyokömürün makro agregat organik madde üzerine etkisi ..... 43
Çizelge 4.9 Biyokömürün mikro agregat organik madde üzerine etkisi ..... 45

# 1. GİRİŞ

Günümüzde bitkisel ve hayvansal üretim sonucu ortaya çıkan çeşitli organik atıkların kompost veya biyokömüre dönüştürülmesi ve tekrar tarımsal amaçlı kullanımı oldukça yaygın bir uygulama haline gelmiştir.

Bitkilerin iyi gelişim göstermesi toprakların ortamının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile çok yakından ilişkilidir. Bu özelliklerin optimum düzeye getirilmesi için yapılan uygulamalardan birisi topraklara organik materyal uygulamasıdır (Bender vd. 1998).

Topraklarda organik maddenin korunmasında ayrışma ve ilave dengesi sürdürülebilir toprak yönetiminin önemli bir göstergesidir(Dostal 2002).

Topraklarda organik maddenin arttırılmasına yönelik çalışmalarda yeşil gübreleme, ahır gübresi, kompost ve biyokömür gibi uygulamalar yer almaktadır. Bu uygulamaların bir kısmı toprağa doğrudan besin maddesi sağlarken bir kısmı da toprak özelliklerinin iyileştirici etkide bulunmaktadır. Toprağa organik maddeyi arttırmak amacıyla ilave edilen organik materyallerin özellikleri, uygulama miktarları ve ayrışma dereceleri beklenilen yararlar için son derece önemlidir.

Hemen hemen dünyadaki bütün ülkelerde topraklara biyokömür uygulamaları oldukça yoğun bir ilgi görmektedir. Biyokömür, organik materyallerin (bitkisel ve hayvansal kökenli) yüksek sıcaklıkta, oksijensiz ya da çok az oksijenin bulunduğu ortamda gazlaştırma ile yüksek karbon ve mineral madde içeren materyallere dönüştürülmesi sonucu ortaya çıkan bir üründür (Lehmann 2007). Yüksek KDK, ve adsorpiyon özelliği gösterirler (Glaser vd. 2002, Liang vd. 2006). Biyokömürün üretim koşulları ve kullanılan organik materyalin türü toprakta kullanımında önemli etkiye sahiptir (McClellan vd. 2007, McLaughlin vd. 2009).

Biyokömür olarak toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaktadır (Lehmann ve Joseph, 2009). Biyokömür toprak verimliliğini artırmanın yanında diğer ekosistem hizmetlerini geliştirmek ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltmak ayrıca karbon depolamada bir aracı materyal olarak hizmet etmektedir (Lehmann vd. 2006).

Biyokömür, yüksek miktarlarda organik karbon içeren çok uzun sürede çözünen, organik kaynaklı bir kömürdür (Boyacı ve Topal, 2008, OGM, 2009).

Biyokömür son zamanlarda toprak düzenleyici olarak kullanımının yanı sıra toprağa stabil karbon girdisi sağlaması yoluyla küresel ısınmanın önlenmesi, atıkların değerlendirilmesi, biyoenerji üretilmesi ve toprağın verimliliğinin arttırılması gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Ogawa vd. 2006, Woolf vd. 2010).

Biyokömürün elde edildiği koşullar ve kullanılan organik materyallerin çeşidi toprak özellikleri üzerinde farklı etki oluşturmaktadır. Toprağa biyokömür uygulaması gübre ihtiyacında yaklaşık %10 oranında azalma, toprak asitliğini giderme, toprak pH'sını artırma gibi özellikler üzerine uzun sürede etkisi olduğu belirtilmektedir (Jeffery vd. 2011).

Biyokömürler, toprak pH'sını, toprak organik madde miktarını, su tutma kapasitesini arttırmaları ve mikrobiyal aktiviteyi destek sağlamaları nedeniyle ürün verimine ve toprağa önemli katkılar sağlamasından dolayı tarımda daha çok toprak düzenleyici şeklinde kullanılmaktadır (Steiner vd. 2007, Chan vd.2008, Dias vd. 2010).

Biyokömüre son yıllarda gösterilen yoğun ilginin temeli iki farklı yönden incelenebilir. Bu ilginin ilk yönü biyokömür tipi materyallerin toprakların yüksek organik karbon içeriklerinin sebeplerinden biri oluşunun keşfi (Glaser vd. 2001) ve Terra Preta olarak bilinen Amazon Siyah Toprakları'nın sürdürülebilir verimliliğine katkısının ortaya çıkışı ile açıklanabilir (Lehmann vd. 2003). İkinci olarak, biyokömürün herhangi bir organik materyalden çok daha stabil bir yapıya sahip olduğu ve topraklarda uzun süre ayrışmadan kalabildiğinin belirlenmesi ve bitki besin elementlerinden

yararlanılabilirliği artırdığına ilişkin veriler, ilginin temelini oluşturmaktadır (Lehmann, 2009). Aslında bu durum, biyokömürün bir başka kompost ya da gübre tipi olmadığı ve toprak kalitesinin artırılması ile bitki besin elementleri korunumunun daha etkin bir şekilde gerçekleştirebileceğinin bir göstergesidir. Bu yetenek, sahip olduğu yüksek yük yoğunluğu (Liang vd. 2006) gibi daha etkin bitki besin elementi tutumunu sağlayabilecek spesifik fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanında çözünmeyen ve özgün kimyasal yapısı ile (Skjemstad vd. 1996, Baldock ve Smernick 2002) mikrobiyal ayrışmaya topraktaki diğer organik maddelerden daha dayanıklı oluşu ile desteklenmektedir (Shindo 1991, Cheng vd. 2008).

Biyokömürün toprakta kalma süresi ortalama 1.300-4.000 yıl olduğu tahmin edilmektedir (Cheng vd. 2008, Liang vd. 2008). Biyokömürün yüzlerce hatta binlerce yıl toprakta karbonu depolayabildiği söylenmektedir (Lehmann 2007, Hansen 2008).

Toprakta uzun süre kalması ve toprak özelliklerine olumlu etkileri nedeniyle, bu bağlamda adlandırıldığı gibi, siyah karbon veya biyokömür ilavesi, toprak kalitesini ve atmosferdeki karbonun tutulumunun bir yolu olarak önerilmiştir (Lehmann vd. 2006).

Bununla birlikte, İsveç'te yakın zamanda yapılan bir çalışma, biyokömür ilavesinin bitki örtüsü vejetasyonunu arttırdığını göstermiştir (Wardle vd. 2008). Bu durumda, bitki örtüsünden salınan $CO_2$, biyokömür ilavesinin bir sonucu olarak, biyokömür içinde tutulan karbonu dengeleyebilir. Bununla birlikte, bir dizi metodolojik problem bu deneyle ilişkilidir (Lehmann ve Sohi 2008). Ayrıca, Wardle vd. (2008) mineral toprağa bağlı TOM degradasyonu üzerindeki biyokömür etkisi hakkında herhangi bir bilgi vermemektedir.

Son yıllarda biyokömürün toprak düzenleyici özelliklerinin yanı sıra ekolojik düzenleyici olarak kullanımına da odaklanılmıştır (Lehmann vd. 2006, Laird vd. 2010, Yuan ve Xu 2011). Biyokömürler, organik ve inorganik gübreler ile birlikte toprak düzenleyicisi olarak kullanıldığı zaman toprak havalanmasını, ürün verimliliğini, bitki besinlerinin yarayışlılığını, besinlerin tutunmasını, toprak pH ’sını düzenlemekte,

KDK'yı artırmakta, toprağın fiziksel özelliklerini geliştirmekte ve mikrobiyal aktiviteyi artırmaktadır.

Tarımsal alanlarda biyokömür kullanımının topraktaki organik karbonun ayrışmasını yavaşlattığı böylece toprağın organik madde miktarının arttığı, ayrıca $CO_2$ ve $N_2O$ gibi çeşitli sera gazı yayılımlarını düşürerek küresel ısınmayı önlemeye destek olduğu ve toprak özelliklerinde iyileştirici etkilerde bulunduğu rapor edilmiştir. Bu özellikleri ile biyokömürler, ekonomik açıdan değerlendirilebildiği, önemli organik teknoloji ürünü materyaller olarak kabul görmektedir.

Agregat büyüklük dağılımı ve dayanıklılığı topraklarda toprak kalitesinin göstergelerinden birisidir. Toprakların organik madde kapsamındaki bir azalma, agregat dayanıklılığında azalmaya neden olmaktadır (Six vd. 2000).

Toprak agregatları, makro (>250 μm) ve mikro (<250 μm) agregatlar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Mikro agregatlar primer toprak tanecikleri ile daha küçük mikro agregatların birleşmesiyle oluşur. Mikro agregatların bir araya gelmesiyle ise makro agregatlar oluşmaktadır.

Üst toprakta agregat büyüklüğü dağılımında ve agregatların dayanıklılığında organik maddenin önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bunun nedeni dayanıklı agregatların toprağın diğer kısımlarına göre daha yüksek karbon içerikleridir. Uzun yıllar organik gübreleme yapıldığında büyük agregatların (>0.5mm) oranının arttığı saptanmıştır.

Topraklarımızın önemli bir kısmının organik madde kapsamının yetersiz olması meydana gelecek bozulmaların hızını daha fazla artırmaktadır. Topraklardaki bozulmalar arasında, toprak agregat stabilitesinin düşüklüğü toprakların su tutma ve havalanma kapasitesinin yetersizliği biyolojik aktivitenin azlığı, bitki besin elementlerinin miktarı ve yarayışlılıklarının düşük oluşu sayılabilir.

Küresel ölçekte analiz yapan Jeffery vd. (2017), biyokömürün ılıman iklimlerde verim artışına hemen hemen hiçbir etkisinin olmadığını ancak tropik iklime sahip bölgelerde ortalama %25 oranında verim artışı sağladığını belirtmişlerdir. Tropik bölgelerdeki toprakların pH'larının düşük olması (ort pH= 5.7) ve yüksek ayrışma ile birlikte verimlilik seviyelerinin düşük olması, yüksek pH'ya sahip biyokömürlerin (ort pH=9.0) uygulamalarına olumlu etki etmesinin gerekçesi olarak açıklanmıştır. Bunun tersine yüksek pH'ya (ort pH = 6.9) sahip toprakların uzun süre sürdürülebilir kullanımı özelliklerinin korunması ve geliştirilmesi ile mümkün olabilecektir.

Toprakların özellikleri doğal süreçlerin etkileri sonucu bozulabilecekleri gibi, kullanıma bağlı olarak meydan gelecek değişikliklerden dolayı da bozulabilmektedir. Toprakların fiziksel özelliklerinin bozulması, organik madde kapsamının azalması, pH ve tuz içeriğinin değişmesi önemli sürdürülebilirlik parametreleri olarak dikkate alınmaktadır.

Araştırmalarda kullanılan çeşitli organik materyallerin özelinde bitkiye, toprağa ve çevreye yapacağı etkilerin araştırılması ve elde edilen sonuçların özellikle bölge içinde yeni çalışmaların oluşturulmasında da öncülük etme yanı oldukça önem arz etmektedir.

Tavuk gübresinin toprakların sürdürülebilir kullanımında değerlendirilmesi, hem toprakların organik madde kapsamlarını artıracak, hem de bu gübrenin çevreye olan olumsuzluğunu önleyecektir. Tavuk gübresi uygulaması ile yapılan çalışmalarda, uygulamalar ile toprakların organik madde kapsamları artırılırken, toprakların fiziksel özellikleri de iyileştirilmektedir. Ayrıca yetiştirilen bitkilerin gelişiminde, verim ve ürün kalitesinde artışlar meydana gelmektedir (Hsieh vd. 1994, Kütük ve Topçuoğlu 1997,Kara ve Erel 1999, Şeker ve Ersoy 2005a, Şeker ve Ersoy 2005b).

Türkiye'de 2016 TÜİK verilerine göre 220.322.081 adet et tavuğu, 108.689.236 adet yumurta tavuğu bulunmaktadır.Her yıl tavuk altlıkları 6 kez değiştirilmekte olup, büyük miktarlarda tavuk altlığı ortaya çıkmaktadır. Yürütülen bu çalışma, tavuk altlığının sürdürülebilir tarıma dayalı olarak organik gübre formunda değerlendirilmesi ve bir çevre sorunu olmaktan çıkarılması amaçlanmıştır.

# 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

## 2.1 Kuramsal temeller

### 2.1.1 Biyokömür ve tarım topraklarına etkisi

"Biyokömür" ve "odun kömürü kavramları birbirinden farklılık göstermektedir. Odun kömürü fosil yakıt olarak değerlendirilirken biyokömürün ise atmosferik karbonu toprağa bağlayan, gaz emisyonlarını azaltan ve toprakları düzenleyici bir materyal olarak değerlendirilmektedir.

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

Toprağa biyokömür uygulanması; gübre ihtiyacını yaklaşık % 10 oranında azalma, toprak asitliğini giderme, toprak reaksiyonunu artırma, alüminyum toksitesini azaltma, yararlı mantar hiflerini artırarak, toprağın biyolojik yapısını düzenleme, topraktaki mevcut besinleri tutma (NPK), karbon mineralizasyonunu artırma, azot fiksasyonunu dengeleme ve katyon değişim kapasitesini % 50 artırma ve toprak geçirgenliğini yükseltme gibi toprak özellikleri üzerine uzun vadede etkisi olduğu belirtilmiştir (Jeffery vd. 2011).

Biyokömürün toprağın verimliliği üzerine olan etkisi, toprakta besin elementlerinin miktarı ve yarayışlılığı (Lehmann vd. 2003) ve toprağın biyokimyasal özelliklerine olan (Luo ve Gu 2016) etkisi ile ilişkilendirilmiştir. Toprağa katılan biyokömürün özelliklerinede bağlı olmakla birlikte ,toprakta su ve besin elementlerinin tutulmasına

mikrobiyal aktivite gibi özelliklere biyokömürün doğrudan etkisi olduğu düşünülmektedir (Atkinson vd. 2010; Lehmann vd. 2011).

Yüzey alanı ve C içeriği oldukça yüksek, yapısı çok gözenekli ve çoğunlukla alkali karakterde olan biyokömürün toprağa uygulanması; toprağın organik madde içeriğinin artmasına (Liu vd. 2017) ve pH'nın artışına (Chan vd. 2008, Gaskin vd. 2010 Laird vd. 2010) ve toprak mikroorganizmalarının çeşit ve miktarının değişmesine (Gul vd. 2015) neden olduğu bildirilmiştir.

Organik maddelerin ayrışması sırasında, karbondioksit ve metan gibi sera gazları atmosfere salınır. Organik maddenin yanması ile karbon daha stabil hale gelir ve elde edilen biyokömür topraklara uygulandığında kararlı formda ve etkili bir karbon kaynağı sağlanmış olur . Biyokömür gözenekli maddedir, toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaya olan eğilimi ile diğer kömür türlerinden ayırt edilir.

Özdemir vd. (2014) Toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirmek, hem bitkisel üretim ve hem de toprak amenajmanı açısından oldukça önemlidir. Toprak pH'nın düşmesiyle toprakların asitleşmesi sonucu ortaya çıkan ortaya çıkan olumsuz etkileri gidermek ve strüktürel dayanıklılığı artırmak, uygun bir bitki büyüme ortamının oluşmasına, erozyonun önemli ölçüde azalmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle çeşitli araştırıcılar, değişik topraklara farklı düzeylerde ahır gübresi (Gür 1981, Aran 1986), buğday samanı (Gür 1981, Christensen 1986), yeşil gübre (Biswas vd. 1970, Gür 1981), çöp kompostu (Khaalel vd. 1981, Pikul ve Allamaras 1986) gibi bir takım organik artıklar (Epstein vd. 1976, Guidi vd. 1983) uygulayarak meydana gelen gelişme ve değişimi araştırmışlardır.

Yüzey toprağında yeteri kadar ayrışmış organik madde kalıntılarının bulunmasyla toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkileşimin büyük olduğunu ifade etmişlerdir (Özbek vd. 1993).

Diğer bir araştırma ise, sera koşullarında yürütülen bir saksı denemesinde 3 faklı organik materyal farklı dozlarda toprağa uygulanmıştır.İşlenmiş tavuk gübresi inkübasyon süresi sonunda (7 ay) fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri, değişik kökene sahip üç adet organik materyalin toprağa farklı dozlarda uygulanması ile araştırılmıştır. Organik materyal olarak işlenmiş tavuk gübresi ve çöp kompostu 1250, 2500 ve 5000 kg $ha^{-1}$, işlenmiş leonardit ise 100, 200 ve 400 kg $ha^{-1}$ olarak üç faklı dozlarda toprağa uygulanmıştır. Yedi aylık bir inkübasyon süresi sonunda, değişik kökene sahip organik materyallerin toprağın, organik madde miktarı (OM), katyon değişim kapasitesi (KDK), reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenliği (EC), toplam azot içeriği (N), hacim ağırlığı ve agregat stabilitesi gibi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri farklı düzeylerde gerçekleşmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, değişik kökene sahip organik materyallerin düzenli ve etkin bir biçimde kullanılması ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilebileceğinin mümkün olduğu görülmüştür (Yılmaz vd. 2008).

Biyokömürlerin tam karbonlaşmış organik materyal ve karbonlaşmamış organik materyal içerdiği ve karbonlaşmış organik maddenin adsorbe edilen ve adsorbe edilmeyen fraksiyonları içerdiği düşünülmektedir (Zhao ve Nartey 2014).

Biyokömürün tarımsal açıdan ve çevre yönetimindeki rolü düşünüldüğünde bilim adına son derece önemli bulgular taşıdığı düşünülmektedir.Biyokömürün toprağa uygulanma amaçları düşünüldüğünde tarımsal yönetim, çevre kirliliği, bozulmuş tarım alanlarının ıslah edilmesi ve toprak karbonunun atmosfere karışmasını önleyip toprağa bağlanmasıdır (Blackwell vd. 2009).

Biyokömürün toprak özellikleri üzerine olumlu etkilerini Glaser vd. (2002) şu şekilde açıklamaktadır. Biyokömür absorbe özellikte olduğu için toprağa katıldığında toprakta bulunan bitki besin elementlerini, ağır metaller ve zirai ilaç kalıntılarını tutmakta bu gibi kimyasalların toprak altı sularına geçmesini engellemektedir.

Biyokömürün yoğunluğu düşük olduğundan toprağa ilavesiyle killi topraklarda toprak yoğunluğunu düşürerek kök gelişimini ,drenaj ve havalanmayı arttırmaktadır. Hafif bünyeli topraklarda ise toprağın su tutma kapasitesini arttırmaktadır.

Biyokömür'ün gözenekli yüzey alanı mikrobiyal aktiviteyi ve havalandırmayı arttırmakta böylece toprak ısısı artmaktadır.Bozunma sürecini yavaşlatan seviyeler için artan mikrobiyal aktivite, oksijenin geçici olarak düşmesine neden olmaktadır (Akdeniz vd. 2019).

Toprağa ilave edilen biyokömür besin döngüsü (Steiner vd. 2008), üzerine de olumlu etkiler yapmaktadır. Bu etkiler dolaylı olarak toprağın verimilik özelliğini olumlu yönde etkilemektedir (Warnock vd. 2007).

### 2.1.2 Toprak ve karbon ilişkisi

Toprak organik karbonu topraktaki organik maddenin göstergesidir.Toprak organik maddesi fotosentez, solunuma, ve çözünme gibi karşılıklı birbiri ile etkileşim halinde olan ekosistemlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Fotosentezin atmosferdeki karbondioksiti bitki biyokütlesine bağladığı yerde tüm bu işlemler toprak organik karbonunu farklı şekilde etkilemektedir.

Gelişmekte olan diğer ülkeler ve ülkemizde topraktaki tarımsal üretimin azalması ormanlık alanların, tarım alanlarının ve meraların amaçlarından farklı kullanımları insanlardan kaynaklanan toprak kalitesindeki verim ve ürün düşüşüne neden olmaktadır (UÇEP,2005). Tarımsal yetiştiricilik ve toprağın kalitesi arasındaki uyumluluk aynı biçimde toprağın kalitesi ve toprağın organik karbonu arasında da vardır. Böylece toprak da devam eden bozunma toprak kalite durumunun düşmesine sebebiyet vermektedir (IPCC 2007a).

Yeryüzündeki karbon döngüsü yaşamın temel ölçütlerinden birisi olmaktadır. Toprak organik karbonu, “ hayvan ve bitki artıklarının ve çürümenin farklı aşamalarından

oluşan toprak organik madde bileşenlerinden biri olarak toprakta indüklenen karbonun toplamı" olarak tarif edilmektedir. Organik karbon temel olarak bitki ve hayvan kalıntıları, ölü ve yaşayan mikroorganizmalar, kök sızıntıları ve toprak biyotasının çözülmesi ve çürümesiyle toprağa girmektedir.

Toprak organik maddesi; şekerler, aminoasitler ve yağlar gibi ayrı ayrı tanımlanabilen humik olmayan maddeler ile daha karmaşık yapıda , tanımlanamayan organik bileşenlerden oluşan humik maddeler olarak ayrılabilmektedir.Humik ve humik olmayan organik bileşikler C, O ve H yapı taşlarından oluşmakta olup, N, P ve S bitki besin elementlerinide kapsamaktadır (Batjes 1996, Batjes ve Sombroek 1997, Lal 2004, Smith 2004).

Karbon tutulmasına ilaveten artık yönetimi ve işleme teknikleri toprakta organik madde birikmesi ve mikrobiyal aktivite dinamikleri üzerine de etki etmektedirler (SalinasGarcia vd 1997, Wright vd 2005). Tarım toprakları ise tutulan C' un toprak organik maddesine ve biyokütle ürünlerine dönüştürülmesiyle, organik C açısından bir ortam oluşturmaktadır.

Toprak minerallerinin dengeleyici bir rol oynadığı bilinmektedir, ancak toprak minerolojisindeki zamansal değişimin uzun süreli organik karbon miktarını ve tümünü nasıl kontrol ettiği iyi bilinmemektedir.

### 2.1.3 Toprak karbonunun önemi

Karbon rezervi şeklinde toprakta tutulan karbonun çoğu atmosferik karbondan oluşmuş bir ek karbondur (Lal 2005b).

Karbon havada ve sudaki karbondioksiti kullanarak bitkilerdeki organik maddenin üretimini sağlar. Bitkiler ölür, toprakta ayrışır ve geri dönüştürülür.Açığa çıkan mineraller toprağa geçer ve karbon dioksit, tekrar atmosfere salınır. Toprak organik karbonu toprağa ve bitki örtüsüne göre aynı tarımsal yöntemlerin uygulanması sonucu

iklim değişikliğine sebep olabilir. Toprak organik karbonundaki artış tarımsal üretim ve meralarda hacim artmasına yardımcı olur.

Eğer karbonun büyük bir bölümü toprakta organik karbon olarak depolanırsa böylece atmosferdeki miktarı azalır ve bu da küresel ısınmanın azalmasına yardımcı olur. Bu şekilde toprakta karbonu depolama işlemine toprağın karbon bağlaması denilmektedir.

Düşük organik karbon içeriğinde, su tutmanın organik madde içeriğindeki değişikliklere duyarlılığı kumlu topraklarda en yüksektir. Organik madde içeriğindeki artış, kumlu topraklarda su tutma oranının artmasına ve ince dokulu topraklarda azalmaya neden olmuştur. Yüksek organik karbon değerlerinde, tüm topraklar su tutmada bir artış göstermiştir. En büyük artış kumlu ve killi topraklarda olmuştur. Sonuçlar karbon tutumu ve yönetim uygulamalarının toprağın hidrolik özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılabilecek denklemler olarak ifade edilmiştir (Rawls vd. 2003).

### 2.1.4 Asit topraklarda organik karbon mineralizasyonu

Biyokömürün pH değeri farklı biyokömür materyallerinin pH değerlerine bağlı olarak farklı sonuçlar göstermektedir ve bu değerler genellikle hafif alkalin ile çok güçlü alkali arasında değişmektedir. Biyokömürün alkaliliği ise, karbonatlar ve inorganik alkali bileşiklerden kaynaklanmaktadır. pH, mikrobiyal aktiviteyi etkileyen kritik bir faktördür (Fidel 2012).

Yapılan bir çalışmada, asidik bir toprağa kireç, zeolit, polyacrylamide ve biyokömür uygulamalarının toprağın bazı özellikleri ve mısır bitkisinin verimine etkileri araştırılmıştır (Özdemir vd. 2014). Araştırma inkübasyon denemesi olarak yürütülmüş, düzenleyiciler topraklara dört farklı dozda uygulanmıştır. 10 hafta süre ile inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda saksılara mısır ekilmiştir. Asidik toprakta kireç ve düzenleyici uygulamaları toprakların tarla kapasitesi, solma noktası, pH, KDK ve organik madde gibi kimyasal özelliklerini iyileştirmiştir. Mısır bitkisinin veriminde de

artış sağlaması bakımından diğer uygulamalara (Z ve PAM) göre en fazla etki BK uygulamasında belirlenmiştir.

Biyokömür alkali özelliği nedeniyle azotlu gübrelerden kaynaklanan asitleşmeyi engellemektedir, bunun yanı sıra asidik toprakların kireç ihtiyacını azaltmaktadır (Glaser vd. 2002).

## 2.2 Kaynak Özetleri

Genel olarak topraklara biyokömür uygulanmasının birkaç tarımsal yararı birlikte getirdiği söylenebilir. Bunların başında yüksek adsorbsiyon kapasitesi, yüzey akış ya da yer altı sularına karışma ile bitki besin elementi kayıplarının azalması gelmektedir (Laird, 2008). Bunun yanında, biyokömürün fizikokimyasal özellikleri dolayısıyla bir toprak düzenleyicisi olarak kullanılmasına ilişkin çalışmalar da son on yılda oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmalar biyokömür uygulaması ile toprak su tutumunda artış, bitki besin elementlerinin daha etkin kullanımı, daha iyi toprak verimliliği ve yüksek bitkisel üretime ilişkin sonuçlar ortaya koymuştur (Glaser vd. 2002, Lehmann vd. 2006, Krull vd. 2009).

Yüzey alanı, C içeriği oldukça yüksek, yapısı çok gözenekli ve çoğunlukla alkali karakterde olan biyokömürün toprağa uygulanmasının toprağın organik madde içeriğinin yükselmesine, pH'nın artışına, hacim ağırlığının düşmesine, toprak sıkışmasının azalmasına, toprağın yüzey alanının ve toplam gözenekliliğin artmasına, gözenek büyüklük dağılımının, su tutma kapasitesinin artmasına ve toprak mikroorganizmalarının çeşidi ve miktarının değişmesine neden olduğu bildirilmektedir(Jeffery vd. 2011).

Toplam biyokömür üretim potansiyelinin % 77'sini hayvansal atıklar, % 22.5'ini bahçe ve bağ budama atıkları, % 0.6'sını ise tarla tarımı atıkları meydana getirmektedir. Biyokömürler karbon kapsamları, kül kapsamları, yüzey alanı gibi özellikler açısından farklılıklar göstermektedir. Hayvansal kökenli biyokömürler daha az C ve daha çok kül

içerikleri dolayısıyla mineral kapsamları daha yüksektir. Biyokömürün özellikleri toprağa uygulama amacı ile örtüşmelidir.

Organik madde mineralizasyonu ekosistem verimliliği ve uzun süreli karbon tutulmasında önemli rol oynar (Luo ve Zhuo 2006). Toprakta C mineralizasyonu, metabolik olaylar sonucu üretilen CO2 salınımıdır. Toprakta C mineralizasyonu toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Artan pH ile birlikte C mineralizasyonu artmaktadır. Bazı çalışmalar biyokömür ilavesinin toprağın C mineralizasyonuna bir etkisi olmadığı gösterirken (Novak vd. 2009a), düşük pH' da elde edilen biyokömürlerin labil (ayrışabilen) organik bileşenler vasıtasıyla C mineralizasyonunu kısa sürede arttırdığı, yüksek sıcaklıklarda elde edilen biyokömürlerin C mineralizasyonunu baskıladığı bildirilmiştir (Zimmermen vd. 2011).

Biyokömür toprağın tarımsal özelliklerinin iyileşmesine katkı sağlayan bir materyal olmasının yanında toprağın kalitesinin arttırılmasında diğer organik katkı maddelerinin tamamından daha etkin bir katkı materyali olarak görülmektedir. Biyokömürün yüksek iyon yükü (Liang vd. 2006) ve buna bağlı yüksek bitki besin elementi tutma kapasitesi (Lehmann vd. 2003) ve spesifik kimyasal (Baldock ve Smernik, 2002) ve kolloidal yapısından (Lehman vd. 2005) dolayı diğer organik materyallere göre mikrobiyal parçalanmaya karşı olan direnci (Cheng vd. 2008) gibi özelliklere sahiptir.

Biyokömürle ilgili yapılan çalışmalarda asıl hedef düşük pH'lı topraklarda pH'nın yükselmesini sağlamak (Zwieten vd. 2010) ya da katyon değişim yüzeylerinde bitki besin elementlerinin tutunmasını artırmaktır (Liang vd. 2006). Biyokömür topraklara ilave edildiğinde toprağın besin döngüsü (Steiner vd. 2008) ve strüktürü (Rilling ve Mummey 2006) üzerinde de olumlu etkiler yapmaktadır. Bu etkilerden dolayı kısaca toprağın üretkenlik fonksiyonunu olumlu yönde etkilemektedir (Warnock vd. 2007).

Gaskin vd. (2008), Singh vd. (2010), Kloss vd. (2012) biyokömürün spesifik yüzey alanının artması ile katyon değişim kapasitesi (KDK) değerinin önemli miktarda arttırdığını raporlamışlardır.

Zheng vd. (2010), tarla topraklarına biyokömür uygulamış ve hasattan önce ve sonra olarak toprak analizleri yapmıştır. Sonuç olarak biyokömür uygulanan topraklarda toprak organik madde, pH ve KDK'nın arttığını görmüşler ve toprakta besin maddelerini tutarak toprak kalitesini artırmak için biyokömürün toprak düzenleyicisi olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Doğu Karadeniz Bölgesi çay tarımı yapılan topraklar asidik özellikte olup son yıllarda yapılan tarımsal uygulamalardan dolayı bölge topraklarının önemli bir bölümünün ideal pH sınırlarının dışında olduğu ortaya konmuştur (Özyazıcı vd. 2010).

Karadeniz Bölgesindeki bu toprakların organik madde seviyeleri sıcaklık azlığı ve fazla nem gibi etkenlerden dolayı yüksek olduğu bilinmektedir( Özkutlu 2015).

Biyokömürün bazı durumlarda bir adsorban materyal olarak görev görebileceği de rapor edilmiştir. Biyokömürün, daha yüksek yüzey alanı, yük yoğunluğu ve negatif yüzey yükünden dolayı doğal organik maddeye kıyasla çok daha yüksek adsorbsiyon yeteneği olduğu belirlenmiştir (Liang vd. 2006). Biyokömür, çözeltiden birçok metal katyonu uzaklaştırdığı gibi anyon formundaki besin elementlerini de (fosfat iyonu gibi) toprak çözeltisinden uzaklaştırabilir (Lehmann 2007). Ancak bu uzaklaşma olayı ile ilgili mekanizma yeterince açıklanamamıştır. Bundan dolayı, biyokömürün toprağa uygulanmasının besin maddelerinin yıkanıp çevreye zarar vermesini engelleyebileceği ya da çalışılacak topraklarda olduğu gibi toksik düzeyde bulunan besin maddelerini bağlayarak bitkinin alımını engelleyebileceği düşünülmektedir.

Organik madde ayrışma oranları iki şekilde belirlenmektedir. 1- $CO_2$ oluşumunun veya $O_2$ tüketiminin ölçülmesi, 2- Organik maddede ağırlık kaybı veya kimyasal değişimlerin saptanmasıdır. Organik madde mineralizasyonu sırasında açığa çıkan karbondioksit oranı, toprak tipine bağlı olarak büyük ölçüde değişir. Karbon mineralizasyonunun büyüklüğü, toprağın organik karbon kapsamı ile doğru orantılıdır. Diğer bir anlatımla serbest bırakılan CO2 miktarı, organik madde düzeyi ile ilişkilidir. Benzer olarak OM yüzdesi ile oksijen tüketimi arasında da yüksek düzeyde ilişki bulunmaktadır.

Rabbi vd. (2014), makro agregatlarda (250-2000 μm) toprak organik karbon (TOC) mineralizasyonunun ölçülmesi, mikro agregatlar (250–53m ), TOC'nin toprak içindeki agregatlaşmasının nasıl toplandığını anlamaya yardımcı olmaktadır. TOC referans alınarak yapılan çalışmada makro-agregatlar ile karşılaştırıldığında mikro-agregatlar daha yavaş mineralize olduğu görülmektedir. Arazi kullanımınında SOC ayrıştırma oranı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Toplanan bu hipotezleri test etmek için üç zıt arazi altında mera , çayır-mera rotasyonu ve ormanlık alan makro agregatlar, mikro agregatlar ve ıslak eleme yöntemi kullanarak ayrılmıştır. Daha sonra inkübe edilerek altı ay boyunca ve farklı zaman aralıklarında $CO_2$ evrimi ölçülmektedir. Kimyasal olarak kararlı TOC makro-agregat fraksiyonu, mikro-agregat ve TOC'nin % 10 $H_20_2$ ile oksidasyonu ile ölçülmüştür. Ortalama olarak, kümülatif mineralizasyon, C min (g $CO_2$ – C $kg^{-1}$), makro-agregatlardan ve mikro-agregatlardan % 28 daha düşük olduğu belirlenmiştir. TOC min, yavaş TOC havuz boyutları ve makro-agregatlar ve mikro-agregatlar arasındaki fark SOC mineralleşme hızı ve dolayısıyla TOC'nin korunması hem makro-agregat hem de mikro-agregatlarda benzer oldugunu ortaya koymaktadır .

Kararlı agregat oluşturmak için en önemli bağlayıcılardan biri, toprak organik maddesidir. (TOM); TOM agregatların çeşitli büyüklükteki fraksiyonlarında tutulmaktadır. Agregatlar suya dayanıklı ise daha fazla karbon tutarlar. Bu nedenle, yapılan bu çalışmanın amacı Slovakya üzüm bağlarında agregat stabilitesini ve farklı toprak tipleri ve toprak yönetim sistemlerinde karbon tutma yeteneklerini değerlendirmektir. En yüksek içerik suya dayanıklı makro agregatlar , cambisollerde ve en düşük fluvisollerde belirlenmiştir. Toprak tipi istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmaktadır. Toprağın organik maddesinin, suya dayanıklı agregatların boyut fraksiyonlarında yeniden dağılımı üzerine en yüksek içerik bağların suya dayanıklı agregatlarında SOM, bağ sıraları arasındaki çimenli şeritlerde belirlenmiştir. Yoğun ekili bağ sıraları ile karşılaştırıldığında. En yüksek karbon tutma kapasitesi cambisoller > Leptosollerde bulunurken, en düşük değerler fluvisollerde görülmektedir. Mikro agregat yoğun şekilde işlenmiş topraklar (bağ sıraları) için önemli bir karbon rezervini temsil etmektedir (Smasnky ve Bajğan 2014).

Yılmaz ve Sönmez (2017) yaptığı çalışmada, farklı organik ve biyo-gübre uygulamalarının tek başına veya kombinasyon halinde etkilerini araştırmışlardır. Makro (2–1 mm) ve mikro (0.25–) agregat stabilitesi ve organik karbon (OC) içeriği ile ilgili uygulamalar 0,050 mm) agregat boyutlarının etkisine bakılmıştır. Ayrıca, arasındaki korelasyon OC içeriği ve toplam stabilite belirlenmektedir. Çalışma kapsamında bir ön deneme olarak gerçekleştirilmiştir. Sera koşulları ve üç paralel ile tamamen tesadüf bir tasarımda düzenlenmiştir. Uygulamalar ; kontrol (gübresiz) , inorganik gübreler (15:15:15 bileşik gübreler + amonyum nitrat,% 33 N) , mikorhizal mantarlar (Glomus spp.) , mikroalg (Chlorella spp.) (A), bakteri (Bacillus megaterium KBA – 10 + Pantoea aglomerleri RK – 134 + Pseudomonas floresan FDG – 37) (BMF), bakteri (Bacillus subtilis PA1 + Paenibacillus azotofixans PA2) (BCP), vermikompost (V), vermikompost + mikorhizal mantarlar (VM), vermikompost + mikroalga (VA), vermikompost + bakteri (VBMF) ve vermikompost + bakteriler (VBCP) 90 günlük inkübasyon döneminde uygulanmıştır. 90 günlük inkübasyonun sonunda, organik ve biyo-gübre değişikliklerinin özellikle biyo-gübreler ile birlikte uygulanan vermikompost çoğunlukla stabilite ve her iki boyuttaki agregatların OC içeriği üzerinde daha güçlü etkilere sahip olmuştur. Sadece kontrol ve biyo-gübre uygulamalarına kıyasla sınıflar anlamlı ($p < 0.05$) makro stabilite ile OC içeriği (2–1 mm) ve mikro agregatlar arasında pozitif korelasyon gözlemlenmiştir.

Toprakta biyokömür uygulaması karbon tutumu için ümit verici bir yöntem olarak önerilmiştir.Karbon tutma potansiyeli geniş bi şekilde araştırılmıştır bunun etkisi üzerine yapılan çalışmaların sayısı toprak pH'ı üzerine sınırlı kalmıştır. Bir dizi toprak pH seviyesi boyunca biyokömür karbon tutumu potansiyelini araştırmak, toplam karbon emisyonu, inorganik karbondan $CO_2$ salınımı ve altı toprağın fosfolipid yağ asitleri (PLFA'lar) değişik piroliz sıcaklıklarında üretilen saman biyokömürü eklendikten sonra çeşitli pH seviyelerinde karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, asidik reaksiyonlu toprakların $CO_2$'den sonra salınımlı olduğunu göstermektedir. Nötr ve alkali topraklarla karşılaştırıldığında biyokömür uygulaması her iki doğal toprak organik karbonunun bozulması ve biyokömür hızlandırmaktadır. Asitli topraklarda daha fazla inorganik $CO_2$ salınımı artmaya katkıda bulunmuştur. Asitli topraklarda daha yüksek gram-pozitif bakteri oranı (% 25 -% 36) gelişmiş biyokömür bozulması ve aynı anda SOC

metabolizması için önemli olmaktadır. Ayrıca, alt tabaka Asidik toprakta biyokömür uygulamasından sonra gerilen daha yüksek C-O ile gösterilen bakteriler için sınırlama daha fazla CO2 salınımına neden olmuştur. Toprak pH'sına ek olarak, kil içerikleri ve çalışma süresi gibi diğer faktörler ayrıca SOC dinamiğinin fiziko-kimyasal ve biyolojik süreçlerini de etkilemektedir. Genel olarak, pirinç- saman biyokömürünün topraktaki karbon tutma potansiyeli, topraktaki azalma ile birlikte azalmıştır. Çin'de asitli toprakların yayılımı, biyokömürın karbon tutma potansiyeli Toprak pH'sının etkisi hesaba katılmadan fazla tahmin edilebilir (Sheng vd. 2016).

Yoğun toprak işleme bazlı yönetim uygulamaları, toprak kalitesini sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Sıfır toprak işleme, mahsul kalıntısı yönetimi ve uygunluğu içeren koruma tarımı uygulamaları ürün rotasyonu, toprak kalitesini korumak için geleneksel tarıma daha iyi bir alternatif olarak hizmet etmektedir.

Toprak organik karbon, toprak kalitesinin önemli bir belirleyicisidir. Gıda üretiminde, azaltıcı iklim değişikliği adaptasyonun yanı sıra birçok ekosistem fonksiyonunu yerine getirmektedir. Toprağın cirosunu anlamak için farklı formlarda karbon (Toplam organik karbon-TOC, agregat bağlantılı karbon-AAC, partikül organik karbon-POC) durumları incelenmektedir(Jat vd. 2019).

Wu vd. (2018) Küresel ısınma ve atmosferik kimya üzerine karbondioksit ($CO_2$) ve azot oksit ($N_2O$) gibi sera gazı emisyonlarının büyük etkisi vardır. Biyokömür ilavesi, sera gazının azaltılmasında potansiyel bir seçenek olduğu düşünülmektedir. Ancak, biyokömürün C üzerindeki etkileri topraktaki azot (N) dönüşümleri hala belirsizdir, bu da $N_2$ mekanizmalarının zayıf anlaşılmasına neden olmaktadır. Wu vd. (2018) yaptığı bu çalışmada etkisinin araştırılması için iki toprak inkübasyon deneyi yapılmıştır. $CO_2$ ve $N_2O$ emisyonlarında amonyum sülfat içeren iki yaygın biyokömür eklenmesi (mısır koçanı ve zeytin özü) iki zıt toprak türünden (asitli kumlu ve alkali killi toprak) uygulamalar gerçekleştirilmiştir. İki biyokömürün CO2 ve $N_2O$ emisyonları üzerindeki zıt etkileri, iki farklı toprakta gözlemlenmiştir. Mısır koçanı biyokömür ilavesinin alkalin killi toprakta $CO_2$ ve $N_2O$ emisyonları üzerinde önemli bir etkisi olmamasına karşın, önemli ölçüde asidik kumlu topraklarda N-gübre ile karşılaştırıldığında $CO_2$

emisyonlarını % 11,8 ve $N_2O$ emisyonlarını % 26,9 azaltığı saptanmıştır. Buna karşılık, zeytin özü biyokömür ilavesinin $CO_2$ emisyonları üzerinde önemli bir etki göstermemektedir fakat azalmıştır. Biyokmürün $N_2O$ ve $CO_2$ emisyonları üzerindeki etkilerinin asitli topraklarda daha belirgin olduğu sonucuna varılmıştır.Biyokömürün asitli topraklardaki $N_2O$ azaltma potansiyeli toprak $NO_3$'e bağlı görünmektedir.

Yapılan bir çalışmada subtropikal Çin'deki solunum hızı ve toprak sıcaklığı ve mikrobiyal biyokütle bileşimine duyarlılığı ölçmek için iki yıllık tarla denemesi kurulmuştur. Dört biyokömür dozu 0 (kontrol), 5 (düşük biyokömür), 10 (orta biyokömür) seviyeleri tarlaların toprak yüzeyine ,Nisan 2014'te yapılan uygulama 20 t biyokömür $ha^{-1}$ (yüksek biyokömür) şeklindedir. Biyokömür ilavesinin önemli ölçüde toprağı iyileştirdiği saptanmıştır. 5 cm toprak derinindeki nem toprak sıcaklığını etkilememiştir. Mikrobiyal biyokütle 10–20 cm toprak derinliğinde biyokömür ilavesi, ancak 0-10 cm derinlikteki toprak derinliğinde cevap verilmediği görülmektedir.Buna nazaran kontrol toprağına göre biyokömür ilavesi, iki yıllık çalışma sürecinde ortalama toprak solunum hızını önemli ölçüde etkilediği gözlenmektedir, ancak kontrol ve biyokömür uygulamaları arasındaki fark, hem biyokömür ilavesinden önce hem de artan biyokömür oranlarında ilave edilerek yıllık kümülatif toprak solunumları ile anlamlı ve pozitif korelasyon olduğu gösterilmiştir. Genel olarak, yalnızca düşük biyokömür uygulamasının anlamlı bir şekilde toplam $CO_2$ emisyonlarını azalttığı görülmektedir.Sonuçlar; subtropikal Çin'deki bambu ormanlarında toprak organik karbon tutulumunu teşvik etmektedir (Ge vd. 2019 ).

Diğer bir çalışmada, mevcut karbonu karakterize etmek için kuzey-doğu Hindistan'ın asitli kumlu topraklarında çalışma yapılmıştır. Ayrıca üç yaşın altındaki bamya bitkisine yaygın olarak kullanılan çiftlik gübresi, vermikompost ve biyokömür eklendiğinde verim ve toprak açısından değişimler gözlemlenmiştir. Vermikompost uygulaması, toprak azotunun bulunup bulunmadığı toprak enzimlerinin aktivitesini arttırdığı saptanmıştır.

Biyokömür ilavesinin en düşük karbon mineralizasyonu oranı (% 9), karbonun en yüksek yarı ömrü (% 64) olduğu kaydedilmiştir. Bitki morfolojik özellikler bakımından

(bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak alanı ve bamya fotosentezi) vermikompost ve inorganik gübreler ile biyokömür ilavesi nedeniyle geliştiği görülmektedir.

Biyokömür ilavesi ile inorganik gübreler, etkinliğini sürdürme potansiyelini belirten en yüksek agronomik etkinliği azot kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik açısından göstermektedir. Böylece asitli topraklarda biyokömür eklenmesi sürdürülebilir olacaktır (Sarma vd. 2017).

$CO_2$ emisyonlarında çarpıcı bir artış olmasından dolayı kimyasallara, ürünlere ve yakıtlara yönelik küresel karbon talebini azaltmak, küresel ısınmayı tetikleyen etkenleri yok etmek için bir çok çalışma yapılmaktadır. Karbonları doğal karbon döngüsü yoluyla özümsemek bu bakımdan, $CO_2$ yakalama ve ayrı bir yerde tutma antropojenik faaliyetlerden $CO_2$ salınımını iptal etmek için stratejik ilkelerden biri olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle, ekonomik olarak uygun verimli $CO_2$ emici malzemelerin geliştirilmesi arzu edilmektedir.$CO_2$ emici malzemeleri arasında, biyokömür kullanılmıştır.

Aktif biyokmürlerin fizikokimyasal özellikleri hakkında sentez yöntemleri doğrultusunda bilgi sahibi olmaktadır. Son olarak, biyokömür özelliklerinin $CO_2$ yakalama ve ayrıştırma üzerindeki etkileri derinlemesine değerlendirme ile özetlenmiştir (Jung vd. 2019).

Diğer bir araştırmada lağım çamurları, hayvan gübreleri, şehir çöpü endüstriyel ve bitki artıkları ile hazırlanan yedi farklı organik atık karışımının ayrıştırılması, toprakla aerobik inkübasyonları sırasında incelenmiştir. Atık karışımlar oluşturulmuş ve her karışımdan dört numune çeşitli kompostlama aşamalarında toplanmış: ilk karışım , termofilik faz sırasında, aktif fazın sonunda ve olgunlaşmadan sonra alınan numuneler ; 10 g toprak başına 200 mg oranında toprağa eklenmiş ve $CO_2$ - C evrimi, 70 ° C'de 70 gün aerobik inkübasyon sırasında belirlenmiştir.

Kompostlama süresi uzadıkça karbon mineralleşmesi azalmıştır. Olgun numuneler için en düşük C mineralizasyon değerleri bulunmuş ve sadece gelişmiş bir olgunlaşma derecesine ulaşmamış bir kompost TOC'nin % 25'inden daha yüksek sonuçlar vermiştir. Karbon mineralizasyonu, numunelerin çoğunda birleştirilmiş birinci ve sıfır dereceli kinetik modeli izleyerek kompost atıklarının organik C'sinin, farklı stabilite derecelerinde iki organik havuzdan oluştuğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte, aktif fazın sonunda ve olgunlaşma sonrası C mineralizasyon havuzundaki farklılıklar, her iki aşamadaki organik maddenin çok küçük benzer bir mikrobiyal stabiliteye sahip olduğunu göstermektedir.

Toprakta ve kompostlama sırasında gerçekleşen C mineralleşmesinin karşılaştırılması, kompostlamanın, toprak koruma ve ıslahında önemli bir faktör olan maksimum C stabilizasyonunu elde etmenin en iyi yolu olduğu sonucuna varılabilir (Hossain vd. 2010).

Toprağın yapısı ile topraktaki organik maddeyi (TOM) stabilize etme kabiliyeti arasındaki ilişki, TOM modelleri geliştirilirken ya gözden geçirilmiş ya da bir kötü şekilde işlenmiş toprak C dinamikleri için kilit bir unsurdur. Bu çalışmanın amacı, SOM dinamikleri konusundaki güncel bilgileri yeni önerilen C toprağı doyma kavramı çerçevesinde gözden geçirmektir. Öncelikle, ayrışmaya karşı korunmuş olan SOM'u, ayrışmaya karşı korunmamış olanlardan çeşitli mekanizmalar ile ayrılmaktadır. Korumalı olarak tanımlanan üç SOM havuzunun nicelleştirme yöntemleri ve özellikleri tartışılmıştır.

Topraktaki organik madde şu şekilde olabilir: (1) fiziksel olarak stabilize edilebilir veya ayrışmadan, mikroakışkanlaştırma yoluyla korunabilir veya (2) silt ve kil parçacıkları ile yakın ilişki kurabilir ve (3) yeniden TOM bileşiklerinin oluşumu yoluyla biyokimyasal olarak stabilize edilebilir. Her TOM havuzunun davranışına ek olarak, arazi yönetimindeki değişikliklerin SOM bileşiklerinin korunma ve salıverme süreçleri üzerindeki etkileri tartışılmaktadır. Arazi kullanımı veya arazi yönetimindeki değişikliklere ilişkin özellikler ve tepkiler partikül organik madde (POM) için tanımlanmıştır.

Steinbeis vd. (2009) toprakta karbon depolanmasının artırabileceğini kanıtlamak için, sera deneylerinde ekilebilir ve orman toprağındaki biyokömürlerin davranışlarını araştırmışlardır. İki kalitedeki biyokömür, 13C etiketli glikozdan (% 0 N) ve mayadan (% 5 N) elde edilen hidrotermal piroliz ile üretilmiştir. Toprak ve biyokömür karbonunun solunum kayıplarını ölçülmüş ve izotopik etiketi kullanarak biyokömürlerin ortalama kalma sürelerini hesaplanmıştır. Fosfolipid yağ asitlerinin topraktan başlangıçta ve 4 ay inkübasyondan sonra ekstraksiyonu, mikrobiyal biyokütlede meydana gelen değişiklikleri ölçmek ve biyokömürleri kullanan mikrobiyal grupları belirlemek için kullanılmıştır. Ortalama kalış süresi, toprak türüne ve biyokömür kalitesine bağlı olarak, 4 ila 29 yıl arasında değişmektrdir. Mayadan türetilen biyokömür toprakta mantarları teşvik ederken, glikoz türevi biyokömür gram negatif bakteriler tarafından kullanılmıştır. Sonuçta, belirli bir toprak türü için mümkün olan en iyi biyokütleyi tasarlamak amacıyla, biyokömürün toprakta kalma zamanlarının kontrol altına alınabileceğini göstermektedir.

Tarımsal topraklarda karbon tutumu, çoğu kültürden bu yana bir iklim değişikliği azaltma seçeneği olmaktadır. Toprak organik karbonu tükenir, doygunluktan cok uzak kalabilr. Yönetim uygulamaları, çoğu toprağın organik karbon içeriğinin arttırılması için sıkça önerildiği gibi pedoklimatik özelliklerini korumak için şartlar ve uzun süre uygulanmaları gerekir. Ayrışmaya çok dirençli çok miktarda karbon uygulanarak uzun süre ve BK'nin atmosferik karbonu yüz yıllardan bin yıllara kadar sakladığına dair kanıtlar vardır. Bununla birlikte, M.Ö. uygulamasıyla ilgili yapılan agronomik çalışmaların çoğu tropikal olarak yapılmıştır. Alt tropikal iklimler, orta enlemlerde ve ılıman yerlerde önemli miktarda çalışma bulunmamakla birlikte yapılan çalışmada, BK'nin büyük hacimli uygulamasının araştırılmasıyla ilgili sonuçları sunmaktadır (30 ve 60tha − 1) Akdeniz iklim koşullarında makarnalık buğdayda, BK uygulamasının uygulanabilirliğini gösteren bu üründe karbon tutulması için, BK uygulaması da biyokütle üzerinde% 30'a varan olumlu etkiye sahip oldugu ortaya konulmustur.Tane azot içeriğinde hiçbir fark olmadan, üretim ve verimde önemli farklar yok iken iki BC uygulaması arasında yüksek BC uygulama oranlarının daha yüksek olduğunu göstermektedir (Vaccari vd. 2011).

Organik karbonca çok fazla olan toprakların üretimi ve kalitesi de fazla olmaktadır. Bu sayede atmosferdeki karbonun depo olarak saklanması için topraklar iyi bir kaynak olarak gösterilmektedir (Koçyiğit 2008).

Biyokömür ilavesi, toprak koşullarını ve toprak mikroorganizmalarını etkilemekte ve toprak $CO_2$ emisyonlarını azaltmaktadır. Ancak biyokömür ilavesinin toprak mikrobiyal topluluklarında toprak derinliği ve zamanı ile nasıl değiştiği hakkında bilgi orman ekosistemlerinde toprak solunumunun etkilenmesi sınırlıdır. Bu çalışmada biyokömür ilavesinin toprak üzerindeki etkileri araştırılmaktadır.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1 Materyal

### 3.1.1 Örnekleme alanı-lokasyonu

Araştırmada Doğu Karadeniz Bölgesi Rize Güneysu Muradiye Beldesinden(40º 54' 18" N 40º 32' 47" E) alınan asidik yüzey toprak örneği (0-20) kullanılmıştır.



Şekil 3.1 Toprak örneğinin alındığı çay bahçesi




Şekil 3.2 Rize/Muradiye bölgesi çay bahçesine ait uydu görüntüsü

### 3.1.2 İklim

Yağış boldur (ortalama 842,6 mm), her mevsim yağışlıdır ve kurak dönem yoktur. Doğu Karadeniz'de en fazla yağış sonbaharda, en az yağış ilkbaharda düşmektedir. Yıllık yağış miktarı ortalama 1590 mm iken, 831 mm 2244 mm arasında değişimektedir.

## 3.2Yöntem

### 3.2.1 Örnekleme

İnkübasyon denemesi biyokömür; 3 farklı biyokömür dozu x 5 inkübasyon zamanı x 3 tekerrür olmak üzere toplam 45 adet saksı yürütülmüştür. Toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra % 0, %2 ve %5 oranlarında toprakla karıştırılarak saksılara doldurulmuş ve tarla kapasitesinin %70'i oranında nemlendirilmiştir. Örnekler ($27^0$C)'de inkübasyona bırakılarak, eksilen nem düzeyi tartımla tamamlanmıştır. İnkübasyonun 0, 30, 60, 90 ve 120. günlerde C mineralizasyonunu belirlemek amacıyla

örneklemeleri yapılmış, partikül organik karbon ile mikro ve makro agregatlardaki organik madde belirlemeleri için başlangıçta ve denemesi sonunda yapılmıştır.




Şekil 3.3 Örneklerin inkübasyona hazırlanması

### 3.2.2 Analiz yöntemleri

**Toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizlerinde uygulanan yöntemler:** İnkübasyon zamanlarında alınan örneklerde aşağıdaki analiz yöntemleriyle analizler gerçekleştirilmiştir.

**$CO_2$ Hesaplanması:** Isenmayer (1952) göre taze toprak örneğinden tartılarak karbondioksit şişelerine konulmuştur. Küçük tüplere 2.5 ml NaOH konulur ve kavanozların ağzı hava almayacak şekilde kapatılarak şişeler inkübatöre yerleştirilmiştir. İnkübatör içerisinde $25^0$C'de 4-6 saat inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol deneyi olarak 4-5 şişe içerisine toprak konmadan küçük tüplere 2,5 ml NaOH konularak topraklı koşullarda ve aynı sürede inkübasyona terk edilir.100 ml'lik erlenmayerlerin içerisine 5 ml baryum klorit solüsyonu ilave edilir ve daha sonra da

birkaç damla fenolftaleyn indikatörü ilave edilir. İnkübasyon sonunda inkübatörden çıkarılan şişelerin içindeki tüplerde bulunan NaOH bir erlenmayer içerisine çok hızlı bir şekilde boşaltılır. Erlenmayer içerisindeki karışım, HCl ile renk pembeden renksiz oluncaya kadar titrasyona tabi tutulmuştur. Titrasyon sonunda harcanan 0.05 M HCl miktarı not edilmiştir.

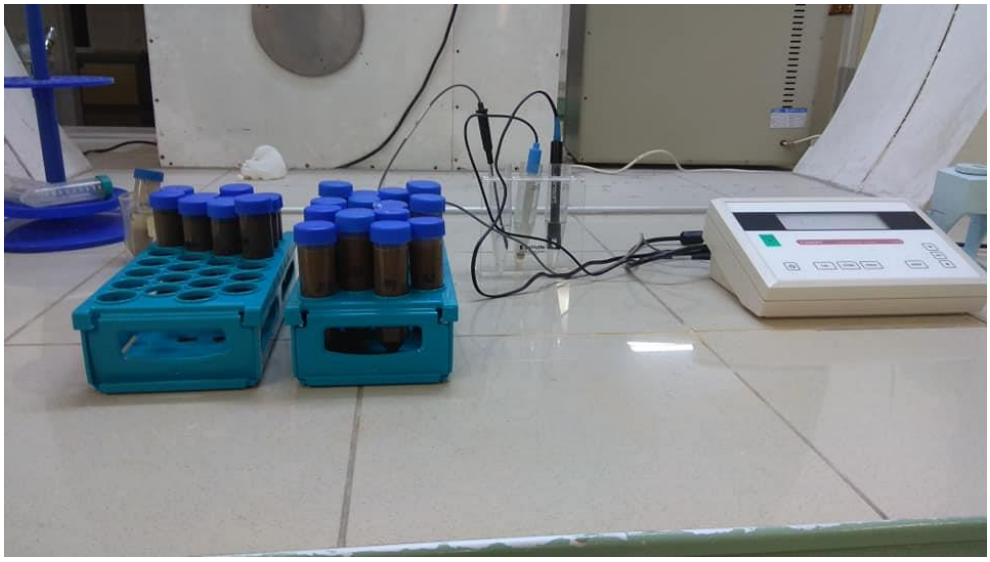


Şekil 3.4 Toprak örneklerinde $CO_2$ analizi

**Nem:** U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)'e göre belirlenmiştir.

**Toprak reaksiyonu(pH):** 1/2.5 toprak/su karışımında pH-metre ile belirlenmiştir. (Richards, L.A. 1954).

**Elektriksel iletkenlik (EC Toprak reaksiyonu):**Elektriksel iletkenlik değeri 1/2.5 toprak/su karışımında EC metre ile belirlenmiştir (Richards 1954).



Şekil 3.5 Toprak örneklerinde EC-pH ölçümü

**Tekstür (Bünye): Toprak örneklerinin kum kil ve silt fraksiyonları** Bouyoucos G J (1951) tarafından bildirildiği şekilde Hidrometre yöntemine göre belirlenmiş, tekstür sınıfı ise Anonymous (1951)'e göre saptanmıştır.

**Organik Madde:** Nelson ve Sommers (1982) tarafından belirtildiği şekilde yaş yakma yöntemiyle belirlenmişti ( Walkley 1935).



Şekil 3.6 Toprak örneklerinde organik madde tayini

**Partikül organik karbon:** Cambardella ve Elliott; (1992) tarafından önerildiği şekilde belirlenmiştir.



Şekil 3.7 Toprak örneklerinde partikül organik karbon (POC) tayini

**Makro ve mikro agregatlarda toplam organik madde:** Kuru eleme sonucunda elde edilen >0,25mm agregatlar (makro) ve < 0,25mm agregatlarda (mikro) toplam organik karbon analizi yapılarak belirlenmiştir.

**Biyokömürde yapılan bazı kimyasal analiz yöntemleri:**

**pH ve EC:** 1/5 biyokömür/su karışımında pH-metre ile belirlenmiştir (Richards L.A. 1954).

**Organik Madde:** Nelson ve Sommers (1982) tarafından belirtildiği şekilde yaş yakma yöntemiyle belirlenmişti (Walkley 1935).

### 3.2.3 İstatistiki analiz metodları

Araştırma sonunda elde edilen verilerin önemliliği tesadüf parselleri deneme desenine göre MINITAB paket programı (Minitab 17.1.0) kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu ise MSTAT paket programı kullanılarak , Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

# 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

## 4.1 Denemede Kullanılan Toprak Örneğinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Doğu Karadeniz Bölgesinden alınan toprak örneğinde yapılan analizler çizelge 4.1'de verilmiştir. Buna göre denemede kullanılan toprağın kumlu killi tın bünyeye sahip, pH'ı kuvvetli asit, EC'si düşük (tuzsuz), organik maddesi orta düzeyde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1 Toprak örneğinde bazı verimlilik analiz sonuçları

| **Toprak Örneği** | **pH(1:2.5)** | **EC( dS/m)** | **% OM** | **Tekstür** | **% Nem** | **%TK** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4.79 | 0.046 | 3.45 | Kumlu Kil Tın | 18.47 | 42.35 |

## 4.2 Denemede Kullanılan Biyokömürün Bazı Kimyasal Özellikleri

Çalışmada kullanılan biyokömür materyali, tavuk altlığının oksijensiz ortamda 350º C'de ısıtılması yoluyla yavaş pirolizle elde edilmiştir.

İnkübasyon denemesinde kullanılan biyokömürde yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Biyokömürde bazı kimyasal analiz sonuçları

| **Biyokömür** | **pH(1: 5)** | **EC(ds/ m)** | **%OM** |
|---|---|---|---|
| | 10.06 | 12.26 | 84.94 |

### 4.3 Biyokömürün Bazı toprak Özellikleri Üzerine Etkisi

#### 4.3.1 Toprak pH

Denemede BK uygulamalarının farklı zamanda toprak pH'ı üzerine etkileriÇizelge 4.3 ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

BK uygulamalarının farklı zamanlara bağlı olarak toprak pH'sında kontrole göre bir miktar artış olmuştur. pH değeri 4.38±0.03 ile 6.06± 0.06 arasında değişmiştir (Çizelge 4.3).

Toprak pH'sı üzerine B.K x Gün etkileşimlerinde önemli $p<0.001$ düzeyinde bulunmuştur. Kontrol ile karşılaştırıldığında en yüksek toprak pH'sı % 5 BK uygulandığında 0. günde bulunmuştur. Artan dozlarda uygulanan biyokömürün zamana bağlı olarak tüm uygulamalarında toprak pH'sına etkisi istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3 Biyokömürün toprak pH'sı üzerine etkisi

| **BK uygulaması** | **Günler** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **30** | **60** | **90** | **120** |
| **Kontrol** | 4.79 ± 0.01 ef | 4.69 ± 0.03 efg | 4.60 ± 0.03 fg | 4.56 ±0.02g | 4.38±0.03 h |
| **2%** | 5.11 ± 0.02 d | 4.84 ± 0.04 e | 5.55 ± 0.19b | 4.79 ± 0.03ef | 4.61 ± 0.04fg |
| **5%** | 6.06 ± 0.06 a | 5.55 ± 0.02 b | 5.40 ± 0.02 bc | 5.26 ± 0.04 cd | 5.31 ± 0.06 c |
| **F - değer** | BK<br>Gun<br>BK x Gun | 283.34***<br>39.54***<br>7.02*** | | | |

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$

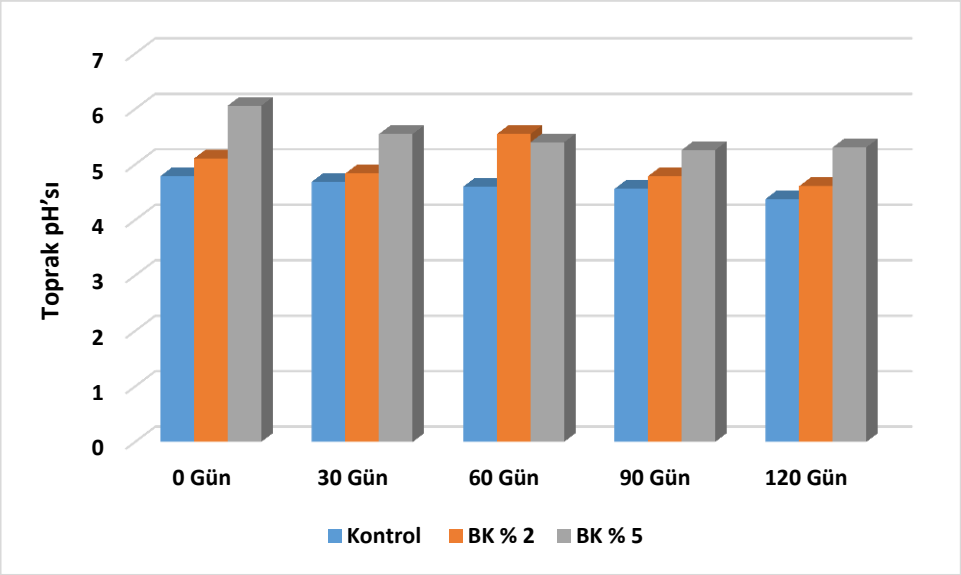
Kontrol örneğinde toprak pH'sı inkübasyon süresine bağlı olarak 4.79'dan 4.38' e azaldığı görülmüştür. Genel olarak bakıldığında BK uygulamasının 60. Gün %2 dozu

hariç, kontrol ve BK uygulamalarında inkübasyon sonucunda düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Biyokömür uygulama oranındaki artış istatistiksel olarak $p<0.001$ anlamlı bulunmuştur.

$CO^2$- pH etkileşimi mikroorganizmal faaliyetleri sonucu açığa çıkan $CO^2$ suyla birleştiğinde $HCO_3$ ve H açığa çıkmaktadır. Bu hidrojenler ortamın pH'nı düşürmektedir

Yapılan bir çalışmada, bazik katyonların serbest bırakılması ve daha yüksek $CaCO_3$ içerikli biyokömürün pH'ı arttırdığı görülmüştür.Yanmış biyokütleden kömür kullanımı önceki çalışmalar toprak pH'sını yükseltebilme yeteneklerini açıkça göstermiştir (Sanchez vd. 1983; Kishimoto ve Sugiura 1985, Mbagwu ve Piccolo 1997).




Şekil 4.1 Biyokömürün toprak pH'sı üzerine etkisi

Yüksek baz katyon konsantrasyonlu alkali reaksiyonlu biyokömür eklenmesinden sonra, baz katyonlar toprak çözeltisine geçerek asitlik kazandırmıştır. Toprak pH'da artış sağlanmıştır. Biyokömür kullanımı serbest bırakabilir bunların baz katyonları,

değişim reaksiyonlarına katılabilen ve yerine geçebilen asidik toprağa dahil olmaktadır (Chintala vd. 2013).

Biyokömür üzerine yapılan çalışmalarda öncelikli hedef pH'sı düşük topraklarda pH artışını sağlamak (Van Zwieten vd. 2010), veya katyon değişim yüzeylerinde besin elementleri tutunmasının artışını sağlamaktır (Liang vd. 2006).

Lehmann (2007), ise birçok metal katyonu çözeltiden uzaklaştırdığı gibi biyokömürın fosfat iyonu olduğu gibi anyon formundaki besin elementlerini de topraktan uzaklaştırabileceğini göstermiştir. Ancak bu uzaklaşma olayıyla ilgili mekanizma yeterince açıklanmamıştır. Mutemel olarak bu olay, düşük pH koşullarında organik maddenin pH'ya bağlı pozitif yük oluşumu ile ilgilidir. Zira, pH düştükçe organik maddenin fonksiyonel gruplarına (OH, COOH) çözeltideki H+ bağlanarak pozitif yüklenmesine neden olur. Bu durumda anyon adsorpsiyonu artmaktadır. Bu nedenle, biyokömürün toprağa ilave edilmesi, besin elementlerinin yıkanıp çevreye zarar vermesini engelleyeceği veya çalışılacak topraklarda olduğu gibi toksik etki edebilecek şekilde bulunan besin elementlerini bağlayarak bitkinin alımını engelleyebileceği düşünülmektedir. Mevcut olan canlı organizmalar, mikroorganizmalar faaliyetlerden dolayı pH değişimi normaldir.

### 4.3.2 Toprak tuzluluğu

Denemede BK uygulamalarının farklı zamanda toprak EC üzerine etkisi Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3'de verilmiştir. BK uygulamalarının farklı zamanlara bağlı olarak toprak tuzluluğunda bir miktarda artışa neden olduğu, EC değerinin 0.046±0.00 ile 1.541± 0.22 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Toprak EC'sı üzerine BK x Gün etkileşimlerinde önemli bulunmuştur.Kontrole göre kıyaslandığında en yüksek toprak EC'si % 5 BK uygulamaları 90. günde bulunmuştur. Artan dozlarda uygulanan biyokömürün zamana bağlı olarak tüm uygulamalarında toprak tuzluluğuna etkisi istatistiksel olarak $p<0.001$ düzeyinde önemli tespit

edilmiştir.İnkübasyon zamanlarına bağlı olarakta toprak EC'sinda istatistik bakımından etkili olduğu görülmüştür.EC değerleri kontrol toprağında inkübasyon süresince değişiklik olmamıştır.

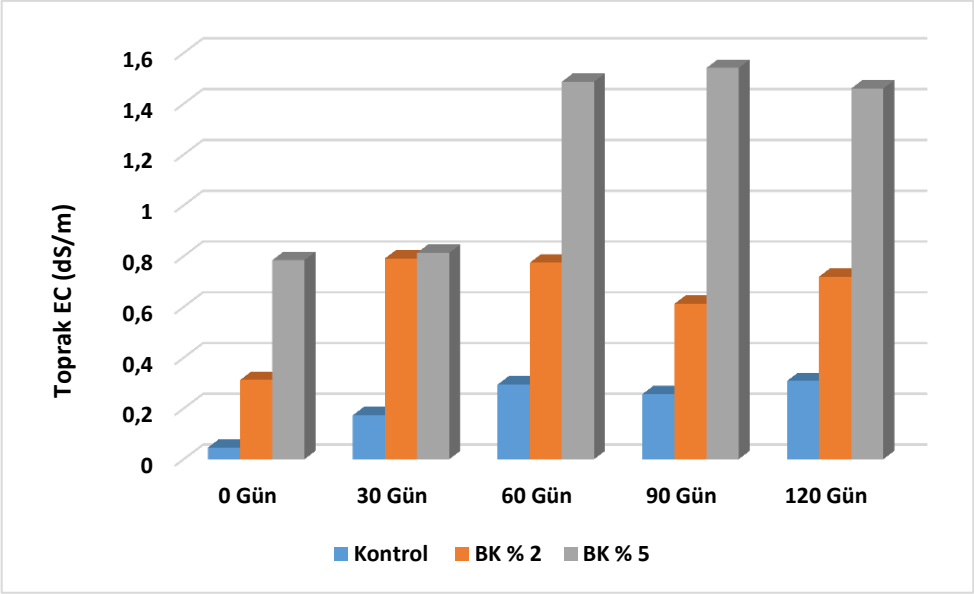
Yapılan bir araştırmada içinde yüksek çözünür tuzlara sahip biyokömürün ilave edilmesi toprakta daha yüksek EC değeri ile sonuçlanmıştır (Chintala vd. 2013).

Tüm uygulama oranlarındaki BK toprak tuzluluğunu önemli ölçüde arttırmıştır. 90. Günde % 5 uygulaması toprak ozmotik potansiyele etkisi kontrole göre yaklaşık 1.5 kat artmıştır.

Çizelge 4.4 Biyokömürün Toprak EC'si (dS/m) üzerine etkisi

| **BK uygulaması** | **Günler** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **30** | **60** | **90** | **120** |
| **Kontrol** | 0.046 ± 0.00 d | 0.173 ± 0.01 d | 0.294± 0.02 cd | 0.257 ±0.03 d | 0.308±0.02 d |
| **2%** | 0.312 ± 0.03 d | 0.791 ± 0.01 b | 0.774 ± 0.04 b | 0.612 ± 0.04 bc | 0.791 ± 0.05 b |
| **5%** | 0.784 ± 0.07 b | 0.813 ± 0.23 b | 1.487 ± 0.12 a | 1.541 ± 0.22 a | 1.46± 0.16 a |
| **F - değer** | BK<br>Gün<br>BK x Gün | 121.12***<br>12.32***<br>3.53** | | | |

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001




Şekil 4.2 Biyokömürün Toprak EC'si(dS/m) üzerine etkisi

### 4.3.3 Toprak $CO_2$ oluşumu

Denemede BK uygulamaların farklı zamanda toprak $CO_2$ çıkışı üzerine etkisi Çizelge 4.5 ve Şekil 4.4'de verilmiştir. BK uygulamalarının farklı zamanlara bağlı olarak toprakta mikrobiyal aktivite miktarında artış $CO_2$ sonuçlarını önemli düzeyde etkilemiştir(Çizelge 4.5). Topraklardaki $CO_2$ oluşum değeri 0.29 - 4.74 mg $CO_2$/100 g-$^{1}$/gün$^{-1}$ değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). En düşük değer 90. günde 0.289 ±0.05 en yüksek değer 30. günde kontrol uygulaması 4.74 ± 0.06 görülmüştür.En fazla $CO_2$ çıkışı kontrol ve BK uygulamalarında 30. Günde saptanmıştır. 60. gün ve 90. Günlerde $CO_2$ çıkışında düşme belirlenmiştir.120. günde ise 90. Güne göre artış gözlemlenmiştir.Yalnız kontrol ve BK Uygulaması arasında 120. Gün sonunda istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Toprak $CO_2$'si üzerine BK x Gün etkileşimlerinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Kontrol ile kıyaslandığında en yüksek mikrobiyal populasyonun 30. günde etkili olduğu tespit edilmiştir.İnkübasyon süresine bağlı olarak $CO_2$ olşum değerlerinin önemli bir miktarda azaldığı görülmektedir.

Bu durum mikroorganizma populasyonunun C kaynağı olarak kullandıkları çabuk ayrışır karbonlu bileşiklerin göstermektedir (Gaunt vd. 2008). Biyokömür uygulaması ile toprakta biyolojik aktivite ve $CO_2$ üretiminin dolayısıyla biyokömürün mineralizasyonunun aynı doğrultuda arttığını bildirmiştir.

Organik maddenin azalması ve dolayısı ile ayrıştıran mikroorganizmaların azalması anlamına gelmektedir(Elnour vd. 2018).

Toprak mikroorganizmaları tarafından daha fazla $CO_2$ salınması toprak sağlığının göstergesi (mikrobiyal aktivite düzeyi) olduğu düşünülmektedir.Araştırma sonuçlarının sonuçların yaklaşık olarak bulgularla uyumlu olduğu görülmüştür.

Biyokömür, toprak özelliklerine bağlı kalmakla birlikte su ve besin elementi tutumu veya mikrobiyal aktivite gibi özelliklere direk etki etmektedir (Lehmann vd. 2011).

Çizelge 4.5 Biyokömürün toprak $CO_2$ oluşumuna etkisi

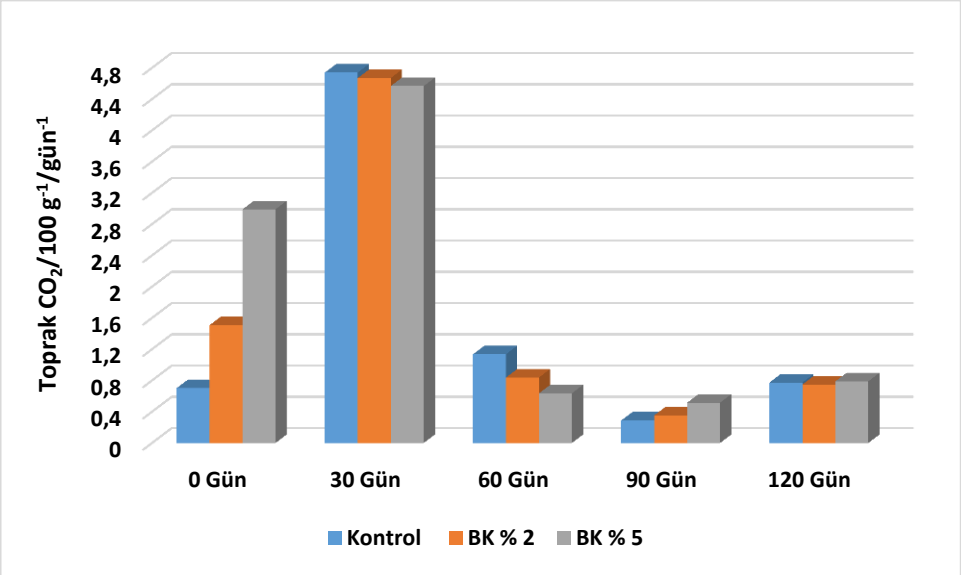
| **BK uygulaması** | **Günler** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **30** | **60** | **90** | **120** |
| **Kontrol** | 0.703 ±0.04 ef | 4.74 ±0.04 a | 1.136 ± 0.05 d | 0.289 ±0.05 h | 0.774±0.05 e |
| **2%** | 1.509 ±0.04 c | 4.67 ± 0.34 a | 0.838 ± 0.19 e | 0.354 ± 0.07 gh | 0.749 ± 0.01 e |
| **5%** | 2.99 ± 0.06 b | 4.57 ± 0.02 a | 0.636 ± 0.03 ef | 0.516 ± 0.06 fg | 0.789 ± 0.04 e |
| **F - değer** | BK<br>Gün<br>BK x Gün | 41.73***<br>2020.29***<br>69.70*** | | | |

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Yapılan bir çalışmada biyokömür değişikliğinin $CO_2$ emisyonu üzerinde zıt etkileri oluşabilir. Toprak ve biyokömür tiplerine bağlı olarak bu oluşum değişebilmektedir (Liu vd. 2011, Zhang vd. 2012). Bu çalışmada biyokömür ilavesi önemli bir $CO_2$ indükleyicisi olmuştur.

(Wu vd. 2018) tarafından asidik kumlu topraklarda biyokömür muamelesi $CO_2$ emisyonunda tepe noktası gözlemlenmiş, ancak alkalin toprakta hiçbir etki gözlenmemiştir. Bu durumun adsorbsiyon nedeniyle olabileceği düşünülmektedir. Buna bağlı olarak biyokömür ile substrat çalışması kendini göstermektedir (Ahmad vd. 2014, Lammirato vd. 2011). Böylece, asidik kumlu toprağa biyokömür etkisi enzimsel faaliyetleri uyarmış kontrast spesifik $CO_2$ emisyonları üzerindeki daha fazla organik C ayrışmasını arttırmıştır.

Azalmış toprak organik karbonu enerji kaynaklarının eksikliği nedeniyle zayıflamış bir mikrobik canlı kütle ve besin mineralleşmesine sebep olmaktadır. Eksilen toprak organik karbonu toprak biyotasında populasyonun azalmasına yol açarak besin zinciri dengesinin bozulmasına sebep olur ve bu da toprak ekolojisini olumsuz etkilemektedir.




Şekil 4.3 Biyokömürün toprak CO2 oluşumuna etkisi

Genel olarak toprağa organik madde kaynağı ilave edildiğinde kontrol koşullarına göre mikroorganizma faaliyetlerinin arttığı görülmüştür. Bu artışlar inkübasyon dönemine bağlı olarak değişmekle birlikte, ayrışmanın artmasına bağlı olarak da materyallerin etkisinin arttığı saptanmıştır. Biyokömürün geniş C/N oranına sahip olmasının

mikroorganizmalar tarafından daha fazla parçalanmaya maruz kalması sonucu üreaz enzimininde artışını sağladığı düşünülmektedir. Kablan (2005), Ergün (2017).

### 4.3.4 Toprak organik madde

Denemede BK uygulamaların farklı zamanlarda toprak organik madde üzerine etkisi Çizelge 4.6 ve Şekil 4.5'de verilmiştir. Topraklarda organik karbon kapsamı 2.82- 7.31 (%) değerleri arasında değişmiştir (Çizelge 4.6).

En düşük değer 30. günde 2.82 ±0.11 en yüksek değer 60. günde % 5 BK uygulaması 7.31± 0.10 görülmüştür.

Hem kontrol hem BK uygulamalarında 30. Günde organik karbon kapsamları düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kontrole göre 60. Gün % 5 BK uygulamasında 2 kat artış göstermiştir. Toprak OM üzerine BK x Gün etkileşimlerinde $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Toprağa biyokömür uygulamaları toprağın organik madde içeriğini artırmış, bu artış dönemsel olarak değişiklik göstermiştir. (Çizelge 4). Organik kökenli olan ve organik madde miktarı fazla olan biyokömür toprağa eklenmesi ve toprağın organik madde miktarında artış sağlaması istenilen bir netice olmuştur. Biyokömür oldukça yüksek organik madde içeriğine sahip olması nedeniyle bu materyalin bulunduğu uygulamalarda OM daha yüksek çıkması beklenilen bir sonuçtur.

Ergün (2017), farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi denemelerinin toprak organik madde içeriğini artırdığını; organik madde miktarının % 1.80 – % 6.92 arasında değiştiğini, biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının kontrole oranla organik madde miktarını 3.84 kat artış sağlandığını ifade etmiştir.

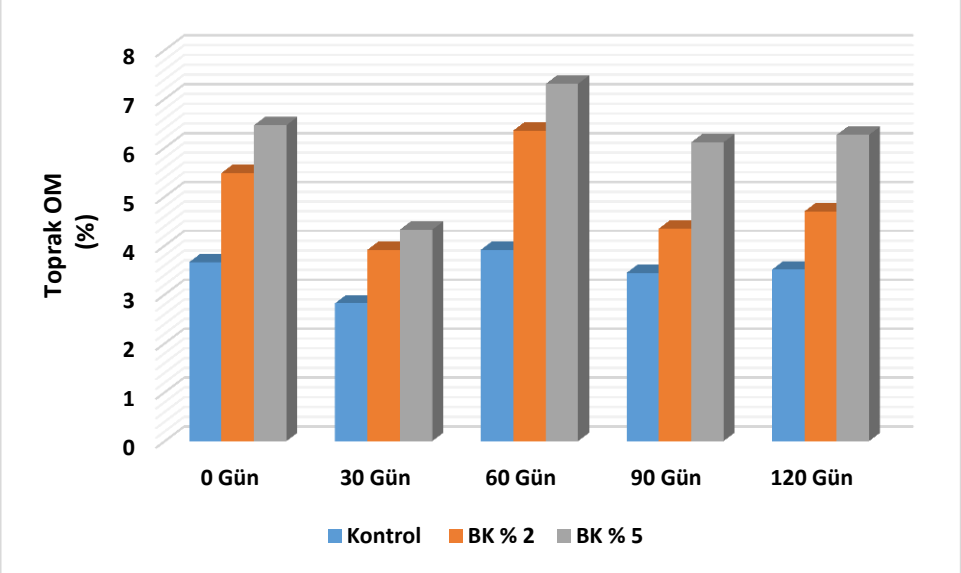
Organik atık uygulamalarının, kil ve tınlı kum bünyeli topraklarda organik madde, değişebilir katyon içerikleri ve kimyasal özelliklerini önemli oranda artırdığı aynı

zamanda toprak kalitesini iyileştirdiği (Candemir ve Gülser, 2011); asit özellik gösteren toprakta 10 hafta inkübasyon sonunda, toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası gibi bazı fiziksel özelliklerinin yanı sıra, pH , katyon değişim kapasitesi ve organik madde gibi kimyasal özelliklerini iyileştirdiği sunulmuştur. (Özdemir vd. 2014)

Çizelge 4.6 Toprak organik karbonu üzerine etkisi

| **BK uygulaması** | Günler | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **30** | **60** | **90** | **120** |
| **Kontrol** | 3.67 ± 0.10 ef | 2.82 ±0.06 g | 3.92 ± 0.03 ef | 3.46 ±0.18 fg | 3.51±0.03 fg |
| **2%** | 5.49 ±0.06 c | 3.29 ± 0.16 fg | 6.35 ± 0.21 b | 4.35 ± 0.68 de | 4.70 ± 0.26 d |
| **5%** | 6.46 ± 0.40 b | 4.33± 0.03 de | 7.31 ± 0.06 a | 6.11 ± 0.07 bc | 6.27 ± 0.43 b |
| **F - değer** | BK<br>Gün<br>BK x Gün | 147.93***<br>39.49***<br>3.49** | | | |

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001




Şekil 4.4 Biyokömürün toprak organik karbonu üzerine etkisi

Yapılan uygulamalarla artan toprak organik madde miktarı, topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin de artmasını sağlamıştır. Çalışma incelendiğinde $CO_2$ verileride BK uygulamalarının daha etkili olması sonuçların uyumlu olduğunu göstermektedir.

### 4.3.5 Toprak partikül organik karbon üzerine etkisi

Denemede BK uygulamaların farklı zamanlarda partikül organik karbon (POC) üzerine etkisi Çizelge 4.7 ve Şekil 4.6'de verilmiştir.

POC değerleri 1.203- 8.51 arasında değişiklik göstermiştir.Kontrole göre 120. Gün % 5 BK uygulaması yaklaşık 8 kat artmıştır. Yalnız BK uygulamalarının POC üzerine etkisi istatiksel olarak önemli bulunurken, 0. gün ve 120. gün yapılan analiz sonucunda tespit edilen değerler önemsiz bulunmuştur. Toprak POC üzerine BK x Gün etkileşimleride istatistiksel anlamda önemsiz tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7 Biyokömürün partikül organik karbon üzerine etkisi

| **BK uygulaması** | **Günler** | |
|---|---|---|
| | **0** | **120** |
| **Kontrol** | 1.203 ± 0.362 c | 2.212±0.241 c |
| **2%** | 2.954 ± 0.562 bc | 5.155 ± 0.379 b |
| **5%** | 8.39 ± 1.39 a | 8.51 ± 0.745 a |
| **F - değer** | BK<br>Gün<br>BK x Gün | 44.92***<br>$3.55^{öd}$<br>$1.04^{öd}$ |

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

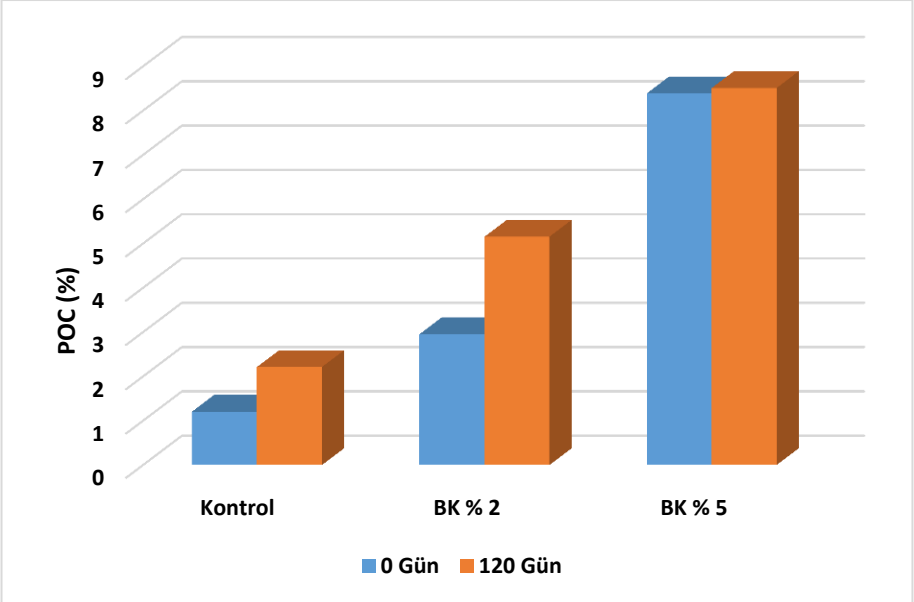
Toprak karbonu katyon değişimini arttırmak gibi toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirir. Ayrıca kumlu toprakların suyu tutma kapasitesini çoğaltır ve karbonun agregatlara tutunmasına yardım ettiği killi toprakların yapısal dengesini geliştirir. Karbonun büyük bölümünü oluşturduğu toprak organik maddesi bitki gelişimi için çok büyük önemi olan besin katyonları ve iz elementlerin büyük bir yüzdesini oluşturur. Toprak karbonu ayrıca besinlerin topraktan sızmasını engeller ve mineralleri bitkilerin

alımına hazır hale getiren, bütünün ayrılmaz parçası organik asitler için kritik öneme sahiptir.

Toprak organik karbonu partikül boyutu, karbon içeriği, bunun ayrışma oranı açısından farklılık gösteren heterojen bir yapıdır. Toprak organik karbonu toprak mikroorganizmaları için ana enerji kaynağıdır. Topraktaki toprak organik maddesi yaklaşık %58 karbon içerir.

Toprakların organik karbon kapsamı ile agregat dayanımı arasında önemli pozitif ilişkiler bulunmakla birlikte, en yüksek ilişkinin partiküler organik madde ve agregat dayanımı arasında bulunduğunu belirtmişlerdir ( Bouajila ve Gallali 2010).

Granüler aktif karbonlar (GAC) ayrıca makro gözeneklere de sahiptir. Bu gözenekler gerçek adsorpsiyonun oluştuğu mezo ve mikro gözeneklere (partikülün içine) hızlı girişi sağlar. Toz aktif karbonlarda (PAC) küçük partikül boyutlarının bulunmasından ve makro gözeneklerin genelde bulunmamasından dolayı PAC'a giriş sorun yaratmamaktadır (Küçükgül 2004).




Şekil 4.5 Biyokömürün partikül organik karbon kapsamı üzerine etkisi

Aktif karbonun en önemli özelliği iç gözenek boşluklarını sınırlayan yüzeylerin oluşturduğu geniş yüzey alanıdır. Aktif karbonun yüzey alanı yaklaşık olarak 1000 m2 /g'dır (Norit 1983, Morgan ve Fink 1997). Maddenin granüllerinin ya da partiküllerinin küçük geometrik alanları ile ilişkili olarak bu geniş toplam alan, sadece küçük kılcallar tarafından sağlanabilen çok geniş bir iç yüzeyin varlığını gösterir (Weber ve Canale 1972). Karbon tarafından çözeltiden adsorpsiyonda gözlenmiş ilişkilerin açıklanmasında, gözeneklilik, gözenek yapısı, gözenek boyutu dağılımı ve özgül yüzey alanı oldukça önemlidir

Diğer bir yandan içsel partikül transferinin gözenekli karbonun kavrama kinetiklerini kontrol ettiği durumlar için daha geniş makro gözeneklerin kapasitesinden tam olarak yararlanılması, daha geniş gözeneklere transferi oldukça kolaylaştırarak ve hızlandırarak ilerlemeyi sağladığından hatırı sayılır bir şekilde faydalı olabilir.

### 4.3.6 Makro agregatlarda organik madde

Denemede B.K uygulamaların farklı zamanlarda toprak makro agregat (>0,25 mm) organik madde (MacOm) üzerine etkisi Çizelge 4.8 ve Şekil 4.6'de verilmiştir. Bu çalışmada MacOm Kapsamı 3.29- 8.25 (%) değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). En düşük değer 120. günde 3.29 ± 0.19 en yüksek değer 0. günde % 5 bk uygulaması ile 8.25 ± 0.13 görülmüştür..Kontrol ile karşılaştırıldığında 120. gün değerleri düşük çıkmıştır. Artan BK dozları inkübasyon zamanına bağlı olarak istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Toprak MacOm üzerine BK x Gün etkileşimleride istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Toprak kalitesinin biyolojik özellikleri ise; topraktaki mikro, mezo ve makro organizma popülasyonu ve $CO_2$ salınımıdır. Toprak organik karbon içeriğinin kaba bünyeli toprakların makro agregatlarında artma, mikro agregatlarında ise azalma eğiliminde olduğunu, ince bünyeli topraklarda ise suya dayanıklı agregat sınıfları arasında çok büyük fark görülmediğini, toprak işleme olmadan soğuk ve yarı kurak iklim bölgelerindeki kaba bünyeli toprakların suya dayanıklı agregatlarını kısa sürede iyileştirebileceğini ifade etmişlerdir(Franzluebbers ve Arshad 1996).

Araştırıcılar, organik madde kapsamının %5 ya da % 6'dan daha fazla olduğu koşullarda makro agregat dayanımının organik madde kapsamıyla, mikro agregatların ise kil kapsamıyla pozitif bir ilişki gösterdiğini, diğer taraftan toprakların kireç içeriği ve agregat dayanımı arasında da çok güçlü ilişkilerin olduğunu belirtmişlerdir. Araştırıcılar, bunlara ilaveten arazi kullanımı ve iklimsel özelliklerin yapılacak değerlendirmelerde mutlaka göz önüne alınmasının gerekliliğini, agregat büyüklük dağılımı ve dayanımının toprak bozulmasının değerlendirilmesinde gösterge olabileceklerini, fakat tek başlarına yeterli olamayacakların bildirmişlerdir( Boix-Fayos vd. 2001).

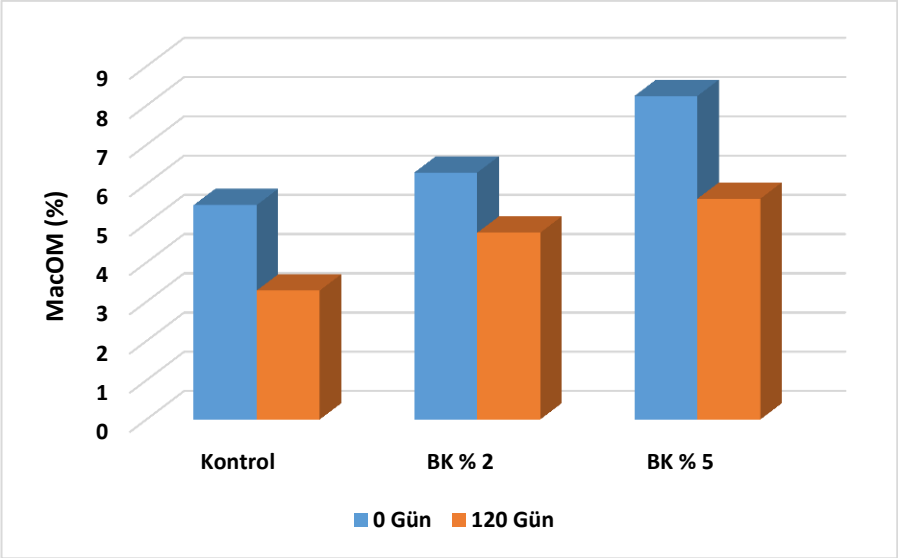
Bouajila ve Gallali (2010), Tunus'ta kumlu ve kireçsiz topraklarda, partiküler organik madde, toprak organik maddesi ve agregat dayanıklığı üzerine arazi kullanımlarının etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ormandan meraya ve tarım alanına dönüştürülen toprakların hem partiküler hem de toprak organik maddesinde önemli derecede azalmalara neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.8 Biyokömürün makro agregat organik madde üzerine etkisi

| | **Günler** | |
|---|---|---|
| **BK uygulaması** | **0** | **120** |
| **Kontrol** | 5.465 ± 0.05 c | 3.287 ±0.19 e |
| **2%** | 6.293 ± 0.20 b | 4.760 ± 0.16 d |
| **5%** | 8.247 ± a | 5.627 ± 0.14 d |
| **F - değer** | BK<br>Gün<br>BK x Gün | 135.64***<br>275.36***<br>$6.15^{öd}$ |

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Pikul vd. (2007), ürün rotasyonu ve toprak yönetiminin toprak organik maddesi, ince ve kaba fraksiyonlu partiküler organik madde ve suya dayanıklı agregat yüzdesi ve ortalama ağırlıklı çap üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, toprak organik maddesinin agregat büyüklük sınıflarına göre tekdüze bir şekilde dağılım göstermediğini, alternatif yönetim biçimleriyle yönetilen alanların geleneksel yöntemlere kıyasla daha fazla toprak karbonu içerdiğini belirtmişlerdir.




Şekil 4.6 Biyokömürün makro agregatlarda organik madde üzerine etkisi

Toprak işlemesiz yöntemin makro agregat oluşumunu teşvik ettiği belirtilen bu çalışmada, sediment taşınımının en fazla mikro agregatları etkilediğinden sıcak ve nemli bölgelerde toprak işlemesiz koşulların erozyonun önlenmesinde son derece önemli olduğu açıklamıştır.

Agregat büyüklüğü; toprak içerisindeki dizilimini, stabilitesini, porların büyüklük ve devamlılığını sağladığı için önemli görülmektedir, kulaklı pullukla yapılan geleneksel toprak işleme pratiklerinin, toprağın makro agregatlarını (>0,25 mm) tahrip etmekte olduğunu ve artan mikro agregatlara (< 0,25 mm) bağlı olarak toprak organik maddesinin mikrobiyal ayrışmaya uğramakta olduğunu ifade etmişlerdir (Tabyehzad 2015).

### 4.3.7 Mikro agregatlarda organik madde

Denemede BK uygulamaların farklı zamanlarda toprak mikro agregat (< 0,25 mm) organik madde (MicOm) üzerine etkisi Çizelge 4.9 ve Şekil 4.8'de verilmiştir. Bu çalışmada MicOm Kapsamı 5.43- 11.11 (%) değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). En düşük değer 120. günde 5.43 ± 0.05 en yüksek değer 0. günde % 5 bk

uygulaması ile 11.11 ± 0.69 görülmüştür..Kontrol ile karşılaştırıldığında 120. gün değerleri düşük çıkmıştır. Artan BK dozları inkübasyon zamanına bağlı olarak istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Toprak MicOm üzerine BK x Gün etkileşimleride istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Mikro agregatlar içindeki dağılmanın ise kil parçalarının bütünleşmiş veya bütünleşmemiş olmasına bağlı olarak partikül boyutu, biçimi, gruplaşması ve enerji girişini tümüyle kapsadığını belirtilmiştir. Topraklardaki bu dağılmanın infiltrasyonun azalması, yüzey akışının ve sulama suyunun oranını etkileyen bir sorun olarak görüldüğünü bildirmektedir. Mikro agregatlar primer toprak taneciklerinden veya daha küçük mikro agregatların birleşiminden oluşmaktadır. Mikro agregatların oluşumunda yer alan birleştirici faktörler şunlardır; Humifiye olmuş organik materyal (organik polimerler) b) Çok değerlikli metaller ve katyonlar c) Bitki kökü veya mantari hifler d) Polisakkartiler e) Bitkisel veya mikrobiyal atıklar f) Amorf demir ve alüminyum oksitlerdir (Yılmaz 2005).

Çizelge 4.9 Biyokömürün mikro agregat organik madde üzerine etkisi

| **BK uygulaması** | **Günler** | |
|---|---|---|
| | **0** | **120** |
| **Kontrol** | 6.31 ± 0.16 d | 5.43 ± 0.05 d |
| **2%** | 9.44 ± 0.09 b | 7.63 ± 0.20 c |
| **5%** | 11.11 ± 0.69 a | 10.12 ± 0.69 ab |
| **F - değer** | BK<br>Gün<br>BK x Gün | 66.41***<br>13.18**<br>0.77öd |

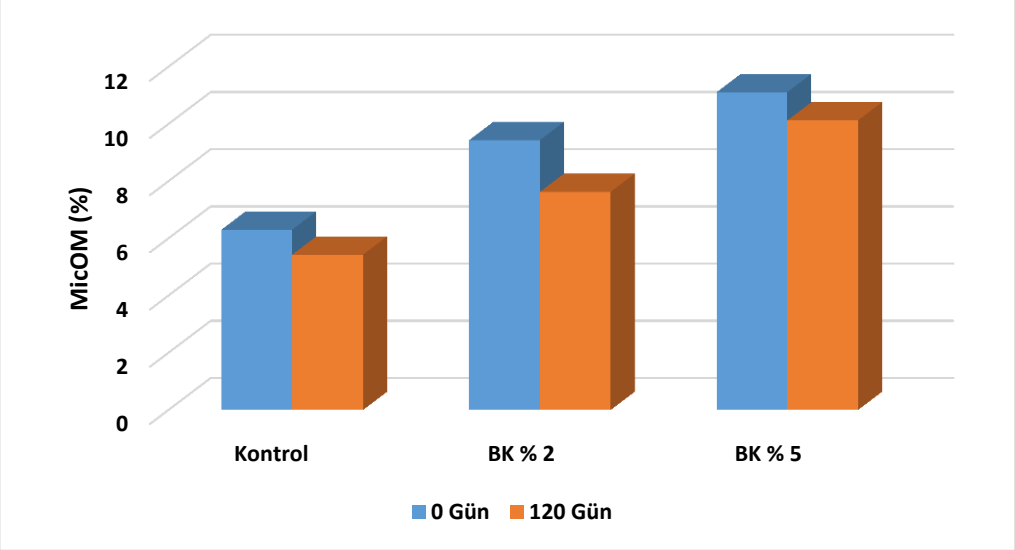
*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Agregat dayanıklılığı genellikle organik madde, kil ve oksit miktarı gibi toprak özelliklerine bağlıdır fakat topraktaki organik bileşiklerin hepsi agregatlaşmadan ve **a**gregat dayanıklılığından sorumlu değildir (Oades, 1984). Bazı organik materyaller farklı boyutlu agregatları dayanıklı yaparken, şişme büzülme özelliği gösteren topraklarda bu etkiye sahip olamayabilirler (Coughlan vd. 1973). Organik karbon ve seskioksitler kırmızı toprakların agregat büyüklük dağılımında oldukça önemli role

sahiptir. Seskioksitler mikro agregat büyüklük dağılımında büyük etki meydana getirmiştir.

Holeplass vd. (2004), agregat boyutunun küçülmesiyle birlikte toprak organik karbon konsantrasyonunda bir artış olduğu, genelde toprak organik karbon konsantrasyonunun >0.25 mm boyuta sahip agregatlarda < 0.25 mm agregatlarda daha fazla olduğu bildirilmiştir.

İşlenmiş tavuk gübresi uygulamasının agregat dayanıklılığı üzerine etkisi 8–4 mm boyuta sahip agregatlarda % 0,1 düzeyinde önemli olurken, İşlenmiş tavuk gübresi uygulamasının diğer agregat boyutlarındaki agregat dayanıklılığı üzerine etkisi önemli olmamıştır (Yılmaz 2008).




Şekil 4.7 Biyokömürün mikro agregatlarda organik madde üzerine etkisi

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Asidik bir toprakta biyokömür uygulamaları toprak pH'sında inkübasyon süresi sonunda beklenenin aksine azalmaya neden olmuştur.

pH 4.79 kuvvetli asitten 6.06 hafif asit sınıfına yükselmiştir. Toprağın pH'sının uygun aralığa yükseltilmesinde, % 5 BK uygulamalarının daha etkili olduğu, bu materyallerin etkinliklerinin uygulama dozu ile orantılı olarak arttığı görülmüştür.

Karbon formlarında biyokömür ve zaman etkileşiminin önemsiz bulunduğu tespit edilmiştir. Biyokömür uygulamalarının toprak tuzluluğu üzerine etkisi önemli belirlenmiş ancak toprak tuzluluk sınıfı (tuzsuz, 2< dS/m) değişmemiştir.

Biyokömür uygulama dozunun daha yüksek seçilmesi yapılacak çalışmalarda göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu ve bu gibi çalışmalara bağlı olarakta ülkemiz de her yıl önemli miktarda açığa çıkan tavuk altlığının değerlendirilerek çevreye olumlu etki sağlayacak olmasıyla birlikte, piroliz süreci sonunda elde edilen biyokömürün besin maddesi içeriğinin zenginliği patojensiz bir organik kaynak olması ile toprağın tüm özelliklerini üzerine olumlu katkı sağlaması gibi birçok yönü bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR


Ahmad, M., Rajapaksha, A.U., Lim, J.E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S.S., Ok, Y.S., 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. Chemosphere 99, 19–33.

Akdeniz, N. 2019. A systematic review of biochar use in animal waste composting. Waste Management. 291-300.

Alagöz, Z. 2008. Farkli Organik Materyal Uygulamalarinin Toprak Agregatlari Üzerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2), 213–222.

Aran, A. 1986. Organik Maddece Fakir Kaba Bünyeli Topraklara Çiftlik Düzenleyicisinin Etkileri. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Konya Araş. Ens. Yayınları.

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.

Baldock, J. A. and Smernik, R. J., 2002, 'Chemical composition and bioavailability of thermally altered Pinus resinosa (Red pine) wood', Organic Geochemistry, vol 33, 1093–1109pp.

Batjes, N. H. 1996. Total carbon and nitrogen in soils of the world. Eur. J. Soil Sci., 47(2):151-163.

Batjes, N. H. and Sombrek, W.G., 1997. Possibilities For Carbon Sequestration in Tropical and Subtropical Soils. Global Change Biology, 3(1):161-173.

Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M.Tarakçıoğlu, C. 1998. Farklı Organik Materyallerin Killi Bir Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. International Symposium On Arid Region Soil. International Agrohydrology Research And Training Center, Menemen, İzmir, 506-510 ss.

Biswas, T. D., Roy MR, Sahu BN, 1970. Effect of different sources of organic manures on the physical properties of the soil growing rice. J. Indian Soc. Soil Sci., 18 (3):233-242.

Blackwell, P., Shea, S., Storer, P., Solaiman, Z., Kerkmans, M. and Stanley, I., 2007, April. Improving wheat production with deep banded oil mallee charcoal in Western Australia. In First Asia Pacific Biochar Conference, Terrigal, Australia (Vol. 30).

Blackwell, P., Riethmuller, G., Collins, M., 2009. Biochar Application to Soil. In Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds). Lehmann, J., and Joseph, S., Earthscan, London. pp: 207-226.

Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43: 434-438.

Boyacı, B. ve Topal, H. 2008. OGM, 2009. Dolaşımlı Akışkan Yatakta Düşük Sıcaklıklarda Orman Ürünlerinden Oluşan Sentetik Gazın Deneysel İncelenmesi Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 23(4): 953-959.

Bremner, J. M. 1965. Total Nitrogen. In: C. A. Black (ed.) Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbial properties. Number 9 in series Agronomy.

Cambardella, C.A. and E.T. Elliott, 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 777-783.

Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Josep, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment Australian Journal of Soil Research.45,629–634.

Chan, K. Y., Zwieten, L. V., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S., 2008. Using Poultry Litter Biochars as Soil Amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46 (5): 437-444.

Chaudhary, S. Dheri GS, Brar BS (2017) Long-term effects of NPK fertilizers and organic manures on carbon stabilization and management index under rice-wheat cropping system. Soil Tillage & Research 166: 59-66.

Cheng, C.H., Lehmann, J., Thies, J. E., Burton S. D., Engelhard MH, 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. Organic Geochemistry, 37:1477–1488.

Cheng, C. H., Lehmann, J. and Engelhard, M., 2008, 'Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence', Geochimica et Cosmochimica Acta, vol 72,1598–1610pp

Chintala, R., Mollinedo, J., Schumacher, T.E., Papiernik, S.K., Malo, D.D., Clay, D.E., Kumar, S., Gulbrandson, S.K., 2013. Nitrate sorption and desorption in biochars from fast pyrolysis. Micropor. Mesopor. Mater. 179, 250-257.

Christense, B. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macro-aggregates and particle size paretes. J. Soil Sci., 37:125-135.

Coughlan, J.A., Fox, W.E. and Hughes, J.D., 1973. Aggregation in swelling soils. Aust. J. Soil Res. 11: 133–141.

Dias, B.O., Silva, C. A., Higashikawa F. S., Roig A, Sánchez-Monedero M. A. 2010. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. Bioresource technology, 101,4, 1239-1246.

Dostal, J.(2002 Results of the long-term organic matter balance investigations in Usti Nad Orlici district and the trends in the whole Czech Republic. Agronomy and Soil Science 48: 155-160.

Elnour, A. O.,Taşkın M. B.,Sözüdoğru Ok, S. 2018.Comparative Effect of Different Combinations of Animal Manures and Humic acid on selected soil .biochemical properties. nternational Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB).(6), 2456-1878.

Ergün, YA, 2017. Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Topraktaki Bazı Enzim Aktivitelerine, CO2 Üretimine, Besin Elementi İçeriğine ve Domates Bitkisinin Gelişimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ordu Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yayınlanmamış. 65 sf. Ordu.

Epstein E, Taylor JM, Chaney RL, 1976. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. J. Environ. Qual. 5:422-426.

Fazle Rabbi, S.M., Wilson B. R.,. Lockwood P.V., Daniel H. , Young IM. 2014. Soil organic carbon mineralization rates in aggregates under contrasting land uses. Geoderma.(216), 10-18.

Fidel, R. B., 2012. Evaluation and Implementation of Methods for Quantifying Organic and Inorganic Components of Biochar Alkalinity.

Gaskin, J. W., Steiner, C., Harris, K., Das, K. C., Bibens, B., 2008. Effect of Low-Temperature Pyrolysis Conditions on Biochar for Agricultural Use. Transactions of the ASABE, 51(6): 2061-2069.

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 (2): 623-633.

Gaunt, J. Cowie, A. 2009. Biochar, greenhouse gas accounting and emissions trading. Biochar for environmental management: Science and technology, 317-340.

Ge, X. G., Zhou, B. Z., Wang, X. M., Li, Q., Cao, Y. H., Gu, L. H., 2018. Imposed drought effects on carbon storage of moso bamboo ecosystem in southeast China: results from a field experiment., Ecol. Res. 33, 393–402.

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger,G. and Zech,W., 2001, 'The Terra Preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics', Naturwissenschaften, vol 88, 37–41pp

Glaser, B, Lehmann J, Zech W, 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. Biology and Fertility of Soils, 35: 219-230.

Gul, S., Whalen, J.K., Thomas, B.W., Sachdeva, V., Deng, H.Y., 2015. Physio-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms andfuture directions. Agric. Ecosyst. Environ. 206, 46–59.

Gür, K. 1981. Muş ve Van yöresi topraklarında mantar dağılımı ve bunların Aspergillus versicolor ile Penicullumşchyrsogenum'un toprakların agregat stabilitesi ile kırılma değeri üzerine etkisi. Doçentlik Tezi, Atatürk üni. Ziraat Fak., Erzurum.

Hossain, M. K., Strezov, V., Nelson, P.F., 2009. Thermal characterisation of the products of wastewater sludge pyrolysis. J. Anal. Appl. Pyrol. 85, 442–446.

Hsieh, C., Hsieh, C. F., Hsu KN (1994). Effect of organic manures on the growth and yield of sweet pepper. Bulletin of Technique District Agric. Improv. Sta-tion, (42):1-10.

Huang, R., Tian, D., Liu, J., Lv, H., Hea, X., Ming, G. Responses of soil carbon pool and soil aggregates associated organic carbon to straw and straw-derived biochar addition in a dryland cropping mesocosm system.Agriculture, Ecosystems and Environment.(265),576-586.

IPCC, 2001a. Climate Change 2001:The Scientific Basic.Contribution of Working Group I to the Third Assesment Report of The IntergovernmentalPanel on Climate Change.Cambridge University Press, Cambridge-New York, 881p.

IPCC, 2007a. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Raporu. I. Çalışma Grubu'nun, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Dördüncü Rapor Değerlendirmelerine Katkısı,5Şubat, Paris, s.2-18.

Jackson, M.. L., 1967, Soil Chemical Analysis. Prentic Hall Inc. Englewood Cliffs, NJ, USA. 227-267pp.

Jat, H.S., Datta A.,Choudhary, M., Yadav A.K., Choudhary, V., Sharma P.C.,Gathala, M.K., Jat, M.L., McDonald, A.2019. Effects of tillage, crop establishment and diversification on soil organiccarbon, aggregation, aggregate associated carbon and productivity in cereal systems of semi-arid Northwest India. Soil & Tillage Research.(190),128-138.

Jeffery, S. Verheijen, F. G. A; van der Velde, M. and Bastos, A. C. 2011 A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis Agric. Ecosyst. Environ. 144 175–187.

Jha, P., Garg N., Lakaria B.L , Biswas A.K, Subba Rao A.2012. Soil and residue carbon mineralization as affected by soil aggregate size. Soil & Tillage Research .(121), 57-62.

Jung, S., Park Y., Kwon E. E.2019. Strategic use of biochar for $CO_2$ capture and sequestration. Journal of CO2 Utilization.(32),(128-139).

Kablan N, 2005. Farklı Organik Atıkların Toprak Ve Mısır ,Zea Mays İndendata Bitkisinin Rizosfer Bölgesindeki Biyolojik Özellikler Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yayınlanmamış. 40 sf. Samsun.

Kara, E., Erel, A. 1999. Tavuk gübresinin bazı toprak özelliklerine ve yulaf kuru bitki ağırlığına etkisi. Anadolu, J. of AARI 9 (2), 91-104.

Kavdır, Y. 2016. Türkiye'de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 19(4), 379-387.

Khalel, R, Reddy, K.R. and Overcash, M.R., 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste application. A. Review. J. Environ. Qual., 10 : 133-141.

Kishimoto, S. and Sugiura,G., 1980, Introduction to Charcoal Making on Sunday, Sougou Kagaku Shuppan,Tokyo (in Japanese)

Koçyiğit, R., 2008. Karasal Ekosistemde Karbon Yönetimi ve Önemi. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(1):81-85.

Krull, E.S., Baldock, J.A., Skjemstad, J.O. and Smernik, R.J., 2009, Characteristics of biochar: organo-chemical properties. Biochar for environmental management: Science and technology. Earthscan, London, 53-65pp.

Küçükgül, E. Y.2004. Ticari Aktif Karbon Üretimi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi. Deü Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi.6 (3), 41-56.

Kütük, C., Topçuoğlu B (1997). Etkinliği yönünden değişik organik gübreler ile amonyum nitratın ıspa-nak kalite öğeleri üzerindeki etkisinin karşılaştırıl-ması. Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi, (10): 70-80.

Lal, R., 2004. Agricultural Activities and the Global Carbon Cycle. Nutrient Cycling in Agroecosystems,70(2): 103-116.

Lal, R., 2005a. Forest Soils and Carbon Sequestration. ForestEcology and Management,220(1-3): 242-258.

Laird, D.A., Chappell, M.A., Martens, D.A., Wershaw, R.L. and Thompson, M., 2008, Distinguishing black carbon from biogenic humic substances in soil clay fractions. Geoderma, 143(1), 115-122pp.

Laird, D. A., Fleming, P. D., Karlen, D. L., Wang, B. and Horton R., 2010,Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil, Geoderma 158: 436-442pp.

Lal, R., 2005a. Forest Soils and Carbon Sequestration. ForestEcology and Management,220(1-3): 242-258.

Lammirato, C., Miltner, A., Kaestner, M., 2011. Effects of wood char and activated carbons on the hydrolysis of cellobiose by β-glucosidase from Aspergillus niger. Soil Biol.Biochem. 43, 1936–1942.

Lehmann, J., Da Sılva Jr., J.P., Steıner, C., Nehls, T., Zech, W. And Glaser, B., 2003, "Nutrient Availability andLeaching in An Archaeological Anthrosol and A Ferralsol of The Central Amazon Basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments", Plant and Soil 249: 343–357.

Lehmann, J., Liang, B., Solomon, D., Lerotic, M., Luizão, F., Kinyangi, J., Schäfer, T., Wirick, S., Jacobsen, C., 2005. Near-edge X-ray absorption fine structure (NEXAFS) spectroscopy for mapping nano-scale distribution of organic carbon forms in soil: application to black carbon particles. Global Biogeochemical Cycles 19, GB1013, doi:10.1029/2004GB002435.

Lehmann, J., Gaunt, J. and M. Rondon. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review.

Lehmann, J. 2007. Bio-şienergy in the black. The Ecological Society of America, 5, 381-387.

Lehmann, J. and Joseph, S. 2009. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthsan, London, UK, p. 416.

Lehmann, J. 2009. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In: Biochar for Environmental Management:Science and technology.(eds. Lehmann, J., and Joseph S). Earthscan Ltd, London., 1-405.

Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., ve Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota–a review. Soil Biology and Biochemistry, 43(9), 1812-1836.

Li, C., Li, Y., Xie J., Liu Y., Wang Y., Liu, X.2019. Accumulation of organic carbon and its association with macro-aggregates during 100 years of oasis formation. Catena.(172), 770-780.

Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J. O'Neill B, Skjemstad JO, Thies J, Luizao FJ, Petersen J, Neves EG, 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal 70:1719–1730.

Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Sohi, S., Thies, J.E., Skjemstad, J.O., Luizão, F.J., Engelhard, M.H., Neves, E.G., Wirick, S., 2008. Stability of biomass-derived black carbon in soils. Geochimica et Cosmochimica Acta 72, 6078–6096.

Liu, N., Zhou, J., Han, L., Ma, S., Sun, X., Huang, G., 2017. Role and multi-scale characterization of bamboo biochar during poultry manure aerobic composting. Bioresour. Technol. 241, 190–199. https://doi.org/10.1016/j. biortech.2017.03.144.

Liu, Y., Yang, M., Wu, Y., Wang, H., Chen, Y., Wu, W., 2011. Reducing CH4 and CO2 emissions from waterlogged paddy soil with biochar. J. Soils Sediments 11, 930–939.

Luo, Y, and X. Zhou. 2006. Soil Respiration and the Environment. Academic Press. 328 p.

Mbagwu, J.S.C., 1989. Effects of organic amendments on some physical properties of a tropical Ultisol. Biological Wastes 28, 1–13.

McClellan, A. T., Deenik, J.,Uehara, G., Antal, M., 2007. Effects of flashed carbonized© macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. a a, 80,100, 120.

McLaughlin, H., Anderson, P.S., Shields, F.E., Reed T.B. 2009, August. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. In Proceedings, North American Biochar Conference, Boulder, Colorado ,pp. 1-36.

Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L.; Miller, R.H. & Keeney, D.R., eds. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2.

Novak, J. M., Busscher, W. J., Laird, D. L., Ahmedna, M., Watts, D. W., Niandou, M. A.S., 2009a. Impact of Biochar Amendment on Fertility of a Southeastern Coastal Plain Soil. Soil Science, 174, 105-112.

Novak, J.M., Lima, I.M., Xing, B., Gaskin, J.W., Steiner, C., Das, K.C., Ahmedna, M., Rehrah, D., Watts, D.W., Busscher, W.J., Schomberg, H., 2009b. Charcaterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Annals of Environmental Science 3, 195-206.

Oades, J. M., 1984. Soil Organic Matter and Structure Stability, Mechanisms and Implication for Measurement. Plant and Soil. 76: 319–337.

Ogawa, M., Okimori Y, Takahashi F, 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: Three case studies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11: 429–444.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., 1993. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Kitabı, Yayın no: 73, Ders Kitapları Yayın no: A-16, ss: 77-119, Adana.

Özdemir, N., Gülser C, Ekberli İ, Kop ÖT, 2014. Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve verime etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 2(1): 27 – 32.

Özkutlu, F., Akkaya, Ö, Ete, H , Şahin,Ö., ve K. Korkmaz. 2015. Rize İlindeki Bazı Çay Bahçelerinin Toprak ve Yaprak Analizi İle Besin Element Düzeylerinin Belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 19 (2), 94-103.

Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., Aydoğan,. Bayraklı,B., Kesim,E., Urla,Ö., Yıldız, H. ve Ünal, E. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları.Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 31 (2016).137-148.

Pikul, J. L., Allamaras RR, 1986. Physical and chemical properties of a Haploxeroll afterfifty years of residue management. Soil Sci. Soc. Am. J. 50(1), 214-219.

Richards, L. A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.s. Dept. Ag. Handbook .60.

Rillig, M. C., ve Mummey, D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist 171, 41-53.

Salinas-Garciaa, J. R., Matochab J.E., Honsa F.M.1997. Long-term tillage and nitrogen fertilization effects on soil properties of an Alfisol under dryland corn/cotton production. Soil and Tillage Research.(1-2), 79-93.

Sanchez, P. A., Villachia JH, Bandy DE. 1983. Soil fertility dynamics after clearing tropical rainforest in Peru. Soil Sci Soc Am J. 47:1171–1178.

Sarma, B., Borkotoki B., Narzari Rumi., Kataki Rupam., Gogoi N. 2017. Organic amendments: Effect on carbon mineralization and crop productivity in acidic soil. Journal of Cleaner Production.(152), (157-166).

Sheng, Y., Zhan Y., Zhu L.2016. Reduced carbon sequestration potential of biochar in acidic soil. Science of the Total Environment.(572),129-137.

Skjemstad, J.O., Clarke, P.,Taylor, J. A., Oades, J. M. and McClure, S.G., 1996, 'The chemistry and nature of protected carbon in soil', Australian Journal of Soil Research, vol 34, 251–271pp

Shindo, H., 1991, "Elementary composition, humus composition, and decomposition in soil of charred grassland plants." Soil Science and Plant Nutrition 37.4 (1991): 651-657pp.

Sımansky, V., Bajğan D. 2014. Stability of soil aggregates and their ability of carbon sequestration. Soil & Water Res. (3): 111–118.

Smith, P., 2004. Soils as carbon sinks: the global context. Soil Use & Manag., 20: 212-218 Suppl.

Six, J., Elliot, E.T. and Paustian, K., 2000. Soil Structure and Soil Organic Matter: A Normalized Stability Index and the Effect of Mineralogy. Soil Science Society of America Journal, 64: 1042-1049.

Steinbeiss, S., Gleixne G., Antonietti M.2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. Soil Biology & Biochemistry.(41), 1301-1310.

Steiner, C., Teixeira W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo JLV, Blum WE, Zech W, 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and soil, 291(1-2), 275-290.

Steiner, C., Glaser, B., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Blum, W. E. H., and Zech, W., 2008.Nitrogen Retention and Plant Uptake on a Highly Weathered Central AmazonianFerralsol Amended with Compost and Charcoal. Journal of Plant Nutrition andSoil Science-Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde, 171: 893-899.

Şeker, C., Ersoy, İ. 2005a. Değişik organik gübreler ve leonarditin toprak özellikleri ve mısır bitkisinin (Zea mays L.) gelişimi üzerine etkileri. S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi, 19 (35): 46-50.

Şeker, C., Ersoy, İ. 2005b. Mısır bitkisinin ilk gelişimi-ne kompostlaştırılmış tuzlu çöp gübresinin etkisi. S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi, 19 (37): 118-124.

U.S. Salinity Laboratory Staff (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook No. 60.

UÇEP (Ulusal Çölleşme Eylem Programı),Düzgün M., Kapur S., Cangir C., AKÇA E., Boyraz D., Gülşen N.,2005.Çölleşme ile Mücedele Ulusal Eylem Programı. Çevre ve Orman BakanlığıYayınları No:250, Ankara, 110s.

Vaccari, F. P., Baronti S., Lugato E., Genesio L., Castaldi S., Fornasier F., Miglietta F.2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. European Journal of Agronomy.(34), 231-238.

Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K.Y., Downie, A., Rust, J., Joseph, S.,Cowie, A., 2010a. Effects of Biochar from Slow Pyrolysis of Paper Mill Waste on Agronomic Performance and Soil Fertility. *Plant and Soil*, 327: 235-246.

Walkley, A. and I.A. Black., 1934, An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263pp.

Wardle, D. A., Nilsson, M.C., Zackrisson, O., 2008. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. Science 320, 629.

Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T.W., ve Rillig, M.C. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil e concepts and mechanisms. Plant and Soil 300, 9-20.

Wright, A. L., Hons, F.M., 2005. Carbon and nitrogen sequestration and soil aggregation under sorghum cropping sequences. Biol. Fertil. Soils 41, 95–100.

Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J., JosePH, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nature Communications 1(56): 1-9.

Wu, D., Senbayram, M., Zan, H., Ugurlar, F., Aydemir, S., Brüggemann N., Kuzyakov, Y., Bol, R., Blagodatskaya E. 2018. Effect of biochar origin and soil pH on greenhouse gas emissions from sandy and clay soils. Applied Soil Ecology.(129),121-127.

Xu, N., Tan, G.C., Wang, H.Y., Gai, X.P., 2016. Effect of biochar additions to soil on nitrogen leaching, microbial biomass and bacterial community structure. Eur. J. Soil Biol. 74, 1‑8

Yılmaz, E., Alagöz Z.,Öktüren F.2008., Farkli Organik Materyal Uygulamalarinin Toprak Agregatlari Üzerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2), 213–222.

Yılmaz, F. I. ve Kurt, S. 2016. Biyokömür Ve Vermikompost Uygulamalarının Toprağın Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6(2)143-150.

Yilmaz, E., Sönmez, M. 2017. The role of organic/bio–fertilizer amendment on aggregate stability and organic carbon content in different aggregate scales. Soil&Tillage Research.(168),118-124.

Yuan, J. H., Xu, R. K., Wang, N., Li, J. Y., 2011. Amendment of Acid Soils with Crop Residues and Biochars. Pedosphere, 21: 302-308.

Zhang, P., Sun, H., Yu, L., Sun, T., 2013. Adsorption and Catalytic Hydrolysis of Carbaryl and Atrazine on Pig Manure-Derived Biochars: Impact of Structural Properties of Biochars. *Journal of Hazardous Materials*, 244– 245: 217– 224.

Zhao, X., Wang, J. W., Xu, H. J., Zhou, C. J., Wang, S. Q., Xing, G. X., 2014. Effects of Crop-Straw Biochar on Crop Growth and Soil Fertility Over a Mheat-Millet Rotation in Soils of China. Soil Use and Management, 30, 311–319.

Zimmerman, A.R, Gao, B. and Ahn, M,Y. (2011) Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils. Soil Biology and Biochemistry, 43, 1169–1179.

# ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yasemin AKTAŞ

Doğum Tarihi : 01.01.1987

Doğum Yeri : Ankara

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dil : İngilizce

## EĞİTİM DURUMU

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü (2017)

Lisans : Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü (2015)

Önlisans : Celal Bayar Üniversitesi, Alaşehir Meslek Yüksekokulu Tarımsal Laboratuvar Teknolojisi (2005)

Yüksek lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (2019)

**Katıldığı Kurs / Seminer**

- İnternational Soil Congress (2019)
- Tübitak - Toprak Bilim Okulu Katılım Belgesi (2018)
- Tübitak 2237-A Analitik Doğa Kümeleme ve Ordinasyon Yöntemleri Eğitimi (2018 Antalya-Side)
- Tarımsal Destek Uygulaması ve Cografi Bilgi sistemleri Eğitimi (2013 Antalya-Serik)
- Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Temel Eğitimi (2012 Antalya-Belek)