

Ahır Gübresi Biyokömürünün Bazı Toprak Özellikleri ve Mısır Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi

Effects Of Barnyard Manure Biochar On Some Soil Properties And Yield Of Maize Plant


ÖZET

Biyokömür organik materyallerin çok düşük oksijen ya da oksijensiz koşullarda yüksek sıcaklıkta (300-700 °C) yakılmasıyla (piroliz) elde edilen karbonca zengin bir materyaldir. Bu piroliz sonucu elde edilen biyokömür toprak düzenleyici olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda biyokömürün toprak iyileştirici ve ekolojik düzenleyici olarak kullanımına odaklanılmıştır. Bu çalışma; ahır gübresi biyokömürünün, toprağın bazı kimyasal özellikleri ve mısır bitkisinin gelişimi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deneme inkübasyon ve saksı denemesi şeklinde iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Bu kapsamda, inkübasyon denemesinde ağırlık esasına göre 0, 10, 20 ve 40 g kg⁻¹ dozlarında ahır gübresi biyokömürü ilave edilen toprak örnekleri, tarla kapasitesi nem içeriğinde 90 gün süre ile inkübasyona bırakılmış ve uygulamaların toprağın kimyasal özelliklerine etkileri belirlenmiştir. İnkübasyon sonunda uygulamaların bitki gelişim özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla mısır bitkisi yetiştirilmiştir. İnkübasyon örneklerinde, ahır gübresi biyokömürü (AGB) uygulamaları kontrol ile kıyaslandığında pH, EC, organik karbon, toplam azot, yarıyıllı fosfor değerlerini önemli ölçüde artırmıştır. Uygulamaların diğer özellikler üzerine etkileri değişkenlik göstermiştir. Kontrol ile kıyaslandığında, uygulamaların sera şartlarında yetiştirilen mısır bitkisinin bitki boyu, biyokütle verimi, yaprak klorofil içeriği (SPAD-unit) üzerine etkileri önemli olmuş, biyokömür

Sorumlu Yazar

İlknur GÜMÜŞ*

ersoy@selcuk.edu.tr

 0000-0002-9689-8999

Yazar

Hamza NEĞİŞ*


hnegis@selcuk.edu.tr

 0000-0002-1880-9188

Yazar

Cevdet ŞEKER*

cseker@selcuk.edu.tr

 0000-0002-8760-6990

* S.Ü. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bit. Bes. Böl., KONYA

Gönderilme Tarihi : 16 Eylül 2021

Kabul Tarihi : 04 Ocak 2022

uygulamaları mısır bitkisinin K, P, Mn ve Zn içeriklerini önemli ölçüde artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ahır gübresi biyokömürü, toprak özellikleri, mısır

ABSTRACT

Biochar is a carbon-rich material obtained by burning (pyrolysis) organic materials at high temperature (300-700 °C) in very low or oxygen-free conditions. The biochar obtained as a result of this pyrolysis is used as a soil conditioner. In recent years, the focus has been on the use of biochar as a soil conditioner and ecological regulator. The aim of this study was to determine the effects of cow manure biochar on some chemical properties of the soil and the growth of maize plant. The experiment was carried out in two stages as incubation and pot experiment. In this context, soil samples to which cow manure biochar was added at doses of 0, 10, 20 and 40 g kg⁻¹ on a weight basis were left to incubate for 90 days at the moisture content of the field capacity and the effects of the applications on the chemical properties of the soil were determined. Corn plants were grown in soil samples taken at the end of incubation, and the effects of applications on the growth characteristics of maize plants were also investigated. In incubation samples, cow manure biochar applications significantly increased pH, EC, organic carbon, total nitrogen, available phosphorus values compared to control. The effects of the applications on other features varied. Compared to the control, the effects of the treatments on the plant height, biomass yield and SPAD value of the maize plant grown under greenhouse conditions were significant, and the biochar applications significantly increased the K, P, Mn and Zn contents of the maize plant.

Keywords: Cow manure biochar, soil properties, maize

GİRİŞ

Toprakların verimlilik potansiyelleri, onların doğal yaşam gücünün korunup, geliştirilmesi ve sürdürülebilmesi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının korunması ve iyileştirilmesi ile mümkün olacaktır. Türkiye topraklarının verimliliği üzerine birçok faktör etki etmektedir. Toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinin yanı sıra

çevre koşulları, iklim gibi faktörlerde verimlilik üzerine kısmi olarak etki etmektedir. Toprakların sürdürülebilir olarak kullanımında toprak özelliklerinin bozulmadan devamlılığının sağlanması temel amaçtır (Bender Özeng, Irmak Yılmaz, Tarakçıoğlu, Aygün, 2019). Sürdürülebilirlik kavramı içerisinde günümüzde organik kökenli atıkların toprak düzenleyicisi olarak kullanımına yönelik yöntemler ön plana çıkmaya başlamıştır. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmede ve sürekliliğini sağlamada organik ve biyolojik kökenli materyallerin kullanımı ön plandadır (Irmak Yılmaz ve Kurt, 2018).

Modern teknolojideki ilerlemeler, artan nüfusa ve çevresel bozulmaya karşın toplumun sağlık ve gelişimini sorunsuzca devam ettirebilmesi adına, bilim insanlarını tarımsal alanda yeni buluşlar ve metotlar üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Kimyasal ve organik gübrelere tam anlamıyla alternatif olmasa da önemli sayılabilecek birçok tamamlayıcı katkılarından dolayı biyogübreler ilgi çeken araştırma konularından biri haline gelmiştir. Biyogübrelere olan ilgi son yıllarda dünya genelinde yaygınlaşmaya başlamış ve bu alandaki bilimsel çalışmalar hız kazanmıştır (Lehman, Gaunt, Rondon, 2006; Laird, Fleming, Davis, Horton, Wang, Karlen, 2010; Yuan ve Xu 2011). Biyokömür organik materyallerin çok düşük oksijen ya da oksijensiz koşullarda yüksek sıcaklıkta (300-700 °C) yakılmasıyla (piroliz) elde edilen karbonca zengin bir materyaldir. Piroliz sonucu elde edilen biyokömür toprak düzenleyici olarak kullanılmaktadır. Piroliz, Yunanca kelime anlamı “pyro” ateş “lysis” ayrışma ya da oluşan parçacıkların değişime uğramasıdır (Lehmann, 2007; Verheijen, Jones, Rickson, Smith, 2009). Biyokömürün özellikleri üretildiği koşullar ve kullanılan ham materyallere bağlıdır. Son yıllarda biyokömürün toprak düzenleyici ve ekolojik düzenleyici olarak kullanıma odaklanılmıştır. Biyokömür, karbon tutulmasını ve toprak özelliklerini geliştirmek için toprak iyileştiricisi olarak kullanılmaktadır (Lehmann ve Joseph, 2009; Verheijen vd. 2009). Biyokömürler toprak havalanmasını, ürün verimliliğini, bitki besinlerinin yararlılığını, besinlerin tutunmasını artırmakta, toprak pH'sını düzenlemekte, katyon değişim kapasitesini (KDK) artırmakta, toprağın fiziksel özelliklerini geliştirerek mikrobiyal aktiviteyi artırmaktadır (Lehmann vd. 2006; Laird vd. 2010; Yuan ve Xu 2011).

Bu çalışmanın amacı; biyokömürün farklı oranlarda toprağa uygulanması ile toprağın bazı kimyasal özellikleri ve mısır bitkisinin biyokütle verimi üzerine etkilerini belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

Deneme Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde 2 aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşama inkübasyon denemesi şeklinde, ikinci aşama ise inkübasyon süresi sonunda saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. İnkübasyon denemesinde her bir saksıya fırın kuru ağırlık esasına göre 2 kg toprak konulmuş ve 0 (Kontrol), 2.5(AGB1), 5(AGB2), 10(AGB3 VE 20(AGB4) g kg⁻¹ olacak şekilde ahır gübresi biyokömürü uygulaması yapılmıştır. Ahır gübresi biyokömürü, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünden temin edilmiştir, yaklaşık 500 °C'lik bir sıcaklıkta yavaş piroliz işlemi ile üretilmiştir.

Uygulamalar yapıldıktan sonra her bir saksıya tarla kapasitesinde olacak şekilde su verilmiş ve saksıların ağzı bone ile kapatılmıştır. Belli aralıklarla saksılar kontrol edilerek su miktarı tarla kapasitesinde tutulmuştur. İnkübasyon denemesi laboratuvar koşullarında (22 °C ±3) günlük periyotta takip edilmiştir. Denemede kullanılan toprak ve ahır gübresi biyokömürüne ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Denemenin ikinci aşaması olan saksı denemesi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait Bilgisayar Kontrollü Araştırma Serasında yürütülmüştür. Saksılara 1 kg toprak konulmuş ve test bitkisi olarak Pioneer 0573 at dişi mısır çeşidi kullanılmıştır. Her bir saksıya dört adet tohum ekilmiş, daha sonra seyreltme işlemi yapılmış ve her bir saksıdaki bitki sayısı ikiye düşürülmüştür. Günlük olarak bitkilerin kontrolleri yapılmış ve sulama ihtiyacı giderilmiştir. Denemenin kurulmasından yaklaşık 8 hafta sonunda bitkilerin SPAD metre (MİNOLTA SPAD-502) ile yaprak nispi klorofil içeriği ölçülmüştür. 10. haftada hasat işlemi yapılarak gerekli örneklemeler yapılmıştır. Bitki boyu, sürgününün tabanından en yüksek yaprak ucuna kadar bir

çetvel üzerinden ölçülmüştür. Hasat, mısır bitkileri toprak yüzeyinden bıçakla kesilerek yapılmıştır. Hasat sonrası mısır bitkisinin toprak üstü kısmı tartılarak gövde biyokütlesi (GB) belirlenmiştir. Tartım sonrası örnekler 70 °C'de 48 saat bekletilerek tekrar tartılmış ve gövde kuru biyokütlesi (GKB) belirlenmiştir. Bitki örnekleri Bayraklı (1987) tarafından bildirildiği şekilde H₂SO₄ ile yaş yakmaya tabi tutulmuş ve elde edilen süzüklerde K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu elementleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Elde edilen veriler Minitab 16 yazılımı kullanılarak tek yönlü ANOVA analizine tabi tutulmuş ve uygulamalar arasındaki farklılıklar P<0.05 önem düzeyinde Tukey testi ile değerlendirilmiştir (Minitab, 1991).

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Toprak
Kum (2-0,05 mm) (%)	6.65
Silt (0.05-0.002 mm) (%)	34.2
Kil (<0.002 mm) (%)	59.2
Tekstür sınıfı	C
pH (H₂O, 1:2.5)	7.96
EC (H₂O, 1:2.5) dS m⁻¹	0.48
Kireç (%)	11.6
Organik madde (%)	2.91
Tarla kapasitesi (%)	35.6
Solma noktası (%)	17.5

Çizelge 2. AGB'nin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	AGB
pH (H₂O, 1:10)	10.81
EC (H₂O, 1:10) dS m⁻¹	7.16
C (%)	46.7
N (%)	2.64
C/N	19.3

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Ahır Gübresi Biyokömürünün Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi

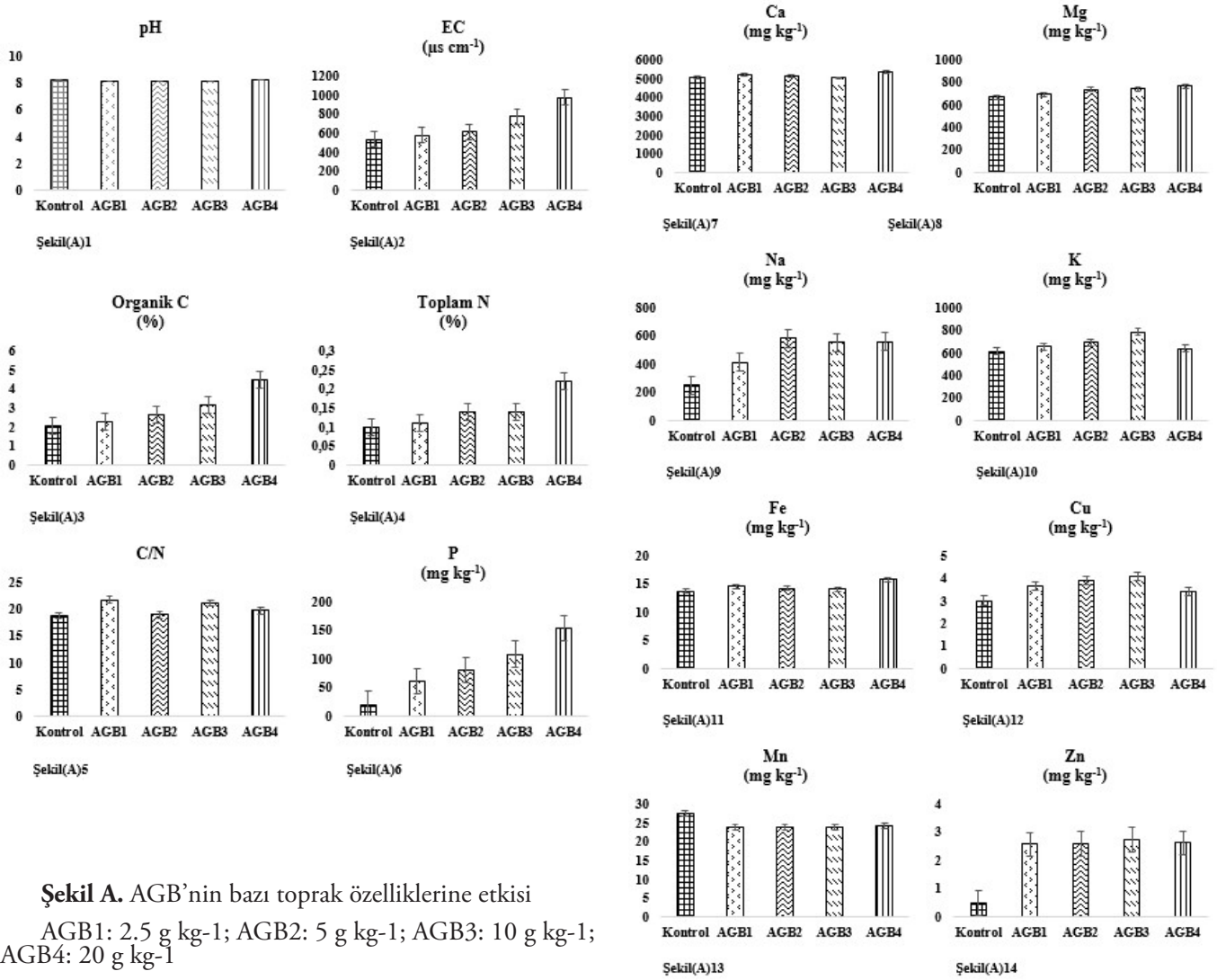
AGB uygulamasının toprak pH'sı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken EC üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil(A)1). EC değeri yapılan uygulamalara bağlı olarak artış göstermiştir (Şekil(A)2). Toprak pH değerleri 8.17 ve 8.24 arasında değişim göstermiştir. Biyokömürün içerdiği inorganik karbonatlar ve organik iyonlar nedeniyle bazik olması ve toprak pH'sını artırması, kireç veya alkalın etkisiyle asidik topraklarda faydalı olabileceği belirtilmektedir (Abbasi ve Anwer, 2015); ancak toprak pH içeriğinde farklı sonuçların elde edilmesinin en önemli sebebi kullanılan biyokömürün elde edildiği materyale ve materyalin içeriğine bağlı olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Topoliantz, Pange, Arravays, Ballof, Lovelle, 2002; Yuan, 2011). EC'nin artış eğilimi göstermesinin nedenin, muhtemelen biyokömürde bulunan tuzlar, mineral maddeler ve elde edildiği materyalin içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Biyokömürün yüksek miktarda kül ve metal içeriğinden dolayı EC'yi 0.05 dS m⁻¹ artırdığı belirtilmiştir (Naeem, Khalid, Aon, Abbas, Amjad, Murteza, Khan, Ahmed, 2018; Ghosh, Ow, Wilson, 2015).

Yapılan uygulamaların organik karbon, toplam N üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken C/N oranı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Şekil (A) 4,5,6). Toprağın içerdiği organik madde miktarı toprağın kalitesini belirleyen önemli özelliklerden bir tanesidir. Organik materyal uygulaması toprağın organik madde ve organik karbon içeriğini artırmaktadır (Lewandowski ve Zumwinkle, 1999). Toprak organik karbon içeriği, toprak kalitesinin dinamik bir göstergesi olarak belirtilmektedir (Shukla ve ark., 2006). Biyokömür ilavesinin toprak organik karbonunu arttırmasının sebebi, biyokömürün yapısında bulunan fazla miktarda toplam karbondan kaynaklanabilir ayrıca kullanılan farklı organik atıkların kimyasal özellikleri ve karbonizasyon şartlarının etkilerine bağlı olarak da karbon içeriğinde artış görülebilir (Turgay, 2018). Laird ve ark. (2010), 5 ila 20 g kg⁻¹ arasında değişen bir oranda biyokömür ilavesinin, 500 günlük inkübasyon

periyodunda toprağın toplam karbon içeriğini % 17.6' dan 68.8'e çıkardığını bildirmişlerdir. Ayrıca Lashari ve ark. (2013), biyokömürün organik karbonu 2.6 g kg⁻¹ artırdığı, Ghosh ve ark., (2015) ise % 0.96 oranında arttırdığını bildirmişlerdir. Toprağa uygulanan organik materyallerin fizikokimyasal ve biyolojik özellikleri (özellikle C/N, ayrışma ve mineralizasyon seviyesi) N'nin mineralizasyonunda rol oynayabilir (Yılmaz, 2011). Ayrıca bu maddelerin içerdikleri azot miktarı, uygulama şekli, toprak özellikleri ve çevre şartlarına bağlı olarak farklılıklar göstermesine rağmen toprağın mineral azot içeriğini arttırmaktadır (Chan ve ark., 2008; Xu ve ark., 2008; Ghosh ve ark., 2015). Glaser ve ark. (2002) ile Naeem ve ark. (2018), biyokömür'ün toplam N içeriğini % 0.021 oranında arttırdığını belirtmişlerdir.

AGB'nin P içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve yapılan uygulamalar doza bağlı olarak P içeriğini artırmışlardır (Şekil(A)6). Biyokömür uygulamalarının alkalın toprakların yarıyıllık P içeriğini arttırmada etkili olduğu belirtilmektedir ve buna bağlı olarak P'lu gübre kullanımındaki gereksinimin azaltılabileceği tespit edilmiştir. P içeriğindeki artış materyalden kaynaklı bir artış olabileceği gibi toprağın toplam P değerinden de kaynaklanabilmektedir (Saygan, 2017). Yapılan bir inkübasyon çalışmasında tuzsuz toprakta tütün sapı biyokömürü ve tuzlu toprakta ise pamuk sapı biyokömürü uygulamalarının toprakta yarıyıllık fosforu arttırmada etkili sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Arı, 2016).

AGB uygulamasının toprakların Ca içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmış; Mg, Na ve K içeriğine etkisi önemli çıkmıştır (Şekil(A)7, 8, 9,10). Yapılan uygulamalar toprakların Mg, Na ve K içeriklerini artırmıştır (Şekil(A)9). Yapılan çalışmalarda organik materyal uygulamasının toprakların Ca, Mg, Na ve K kapsamını artırdığı bildirilmektedir (Asri ve ark., 2013; Gülser ve ark., 2015; Namlı ve ark., 2017). Tarakçioğlu ve ark. (2019), farklı organik materyal kullanarak yaptıkları inkübasyon çalışmasında (fındık zuru, ahır gübresi, biyokömür) toprakların K kapsamının bütün uygulamalarda 60 günlük inkübasyon periyodu boyunca arttığını sonrasında ise azaldığını tespit etmişlerdir. Jhao ve ark. (2016), artan dozlarda biyokömür uygulamasının, toprağın



K içeriğini artırdığını ve inkübasyonun 6. gününden 90. güne kadar hafif bir azalma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Mensah ve Frimpong (2018), mısır koçanı biyokömürünün % 2 oranında uygulanmasının sırasıyla Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ ve Na⁺'nın 0.13, 0.11, 1.21 ve 0.45 cmol kg⁻¹ artırdığını belirlemişlerdir Cheng ve ark. (2008) tarafından, biyokömürdeki negatif yüklerin zamanla arttığı ve biyokömürün besin tutma kapasitesinin toprak içerisinde kalma süresine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Biyokömürün elde edilme sıcaklığına bağlı olarak içerdiği P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları da değişmektedir (Güneş ve ark., 2014).

AGB uygulamasının toprakların Fe içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkarken; Cu, Mn ve Zn içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmıştır

(Şekil(A)11, 12, 13,14). Biyokömür uygulamaları toprağın Cu, Mn ve Zn içeriğini artırmalarına rağmen etkileri sınırlı düzeyde kalmıştır. Biyokömür fonksiyonel gruplar yönünden zengin bir materyaldir ve yüksek katyon değişim kapasitesi ve spesifik yüzey alanına sahip olması, mevcut mikro besin maddelerinin adsorbe edilmesini sağlamaktadır (Manirakiza, 2019). Biyokömür ilavesinin fosforun çözünürlüğünü artırarak alkalın fosfatı artırdığını ve böylece mikro besinlerin fosforla bağlanması sonucu, azaldığını açıklamışlardır (Bera ve ark., 2016). Farklı organik materyaller kullanarak yapılan inkübasyon çalışmasında (fındık zurufu, ahır gübresi, biyokömür) 3 ton da⁻¹ uygulama dozundan sonra toprakların Fe kapsamının azaldığını belirtmişlerdir (Tarakçioğlu ve ark., 2019). Toprak çözeltisindeki Cu organik madde ile

kompleks oluşturmakta ve bu da toprakta Cu'nun hareketini etkilemektedir (Güneş ve ark., 2000). Artan dozlarda kompost uygulaması toprağın Cu kapsamını artırmış, inkübasyon süresiyle birlikte yarayışlı Cu azalma eğilimi göstermiştir (Karaca, 2016). Biyokömür uygulamasının toprağın Mn kapsamını inkübasyon süresine bağlı olarak azalttığı bildirilmiştir (Tarakçıoğlu ve ark., 2019). Artan dozlarda kompost uygulaması toprağın Mn ve Zn kapsamını düzensiz bir şekilde artırmış, inkübasyon süresiyle birlikte azaldığı bildirilmiştir (Karaca, 2016). Biyokömürün elde edilme sıcaklığına bağlı olarak Fe, Cu, Mn ve Zn konsantrasyonları da değişmektedir. 350°C ve 400°C' de piroliz işlemi sonucunda elde edilen biyokömürün Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları diğer sıcaklıklara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 250°C sıcaklıkta elde edilen biyokömürün Fe, Zn, Cu, Mn ve B konsantrasyonunun en az olduğu belirlenmiştir (Güneş ve ark.,2014).

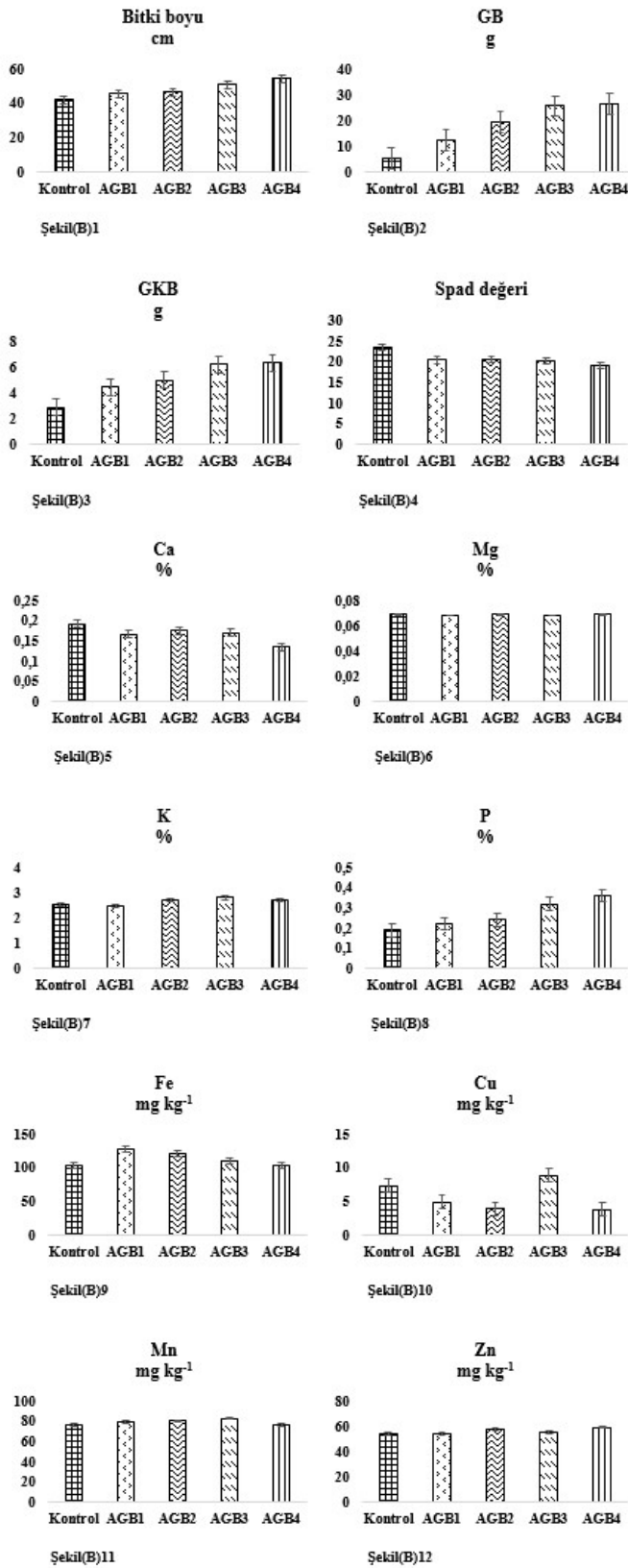
Ahır Gübresi Biyokömürünün mısır bitkisinin biyokütle verimi ve besin elementi alınımına etkisi

AGB uygulamasının bitki boyu, GB, GKB ve SPAD değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil(B)1,2,3,4). İncelenen parametreler üzerine en fazla etki kontrol uygulamasına kıyasla AGB4 uygulamasında elde edilmiştir. Yapılan birçok çalışmada biyokömür uygulamasının marul, mısır, çeltik ve fasulyede bitki kuru ağırlığında önemli düzeyde artışlar olduğu tespit edilmiştir (Güneş vd. 2014; İnal, Güneş, Şahin, Taşkın, Kaya, 2015; Kaya, Akça, Taşkın, Mounirou, Kaya, 2019; Manirakiza, 2019). Biyokömür uygulamalarının bitki agronomik performans üzerindeki etkileri değişkendir, farklı toprak tiplerinde farklı ürün ve bitkilerin verimi üzerine negatif ya da pozitif etkisi olabilir (Demirbaş ve Çoşkan, 2019). Yaprak klorofil içeriği ile yaprak azot miktarı arasında doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir (Demiralay, Sadıklar, Tilki, 2019). Azotun belli değerler arasında olması bitki gelişimi ve beslenme durumu hakkında bilgi vermektedir (Minotta ve Pinzauti, 1996; Demiralay ve ark., 2019). Yeterli miktarda azot alımı klorofil içeriğini, fotosentez fonksiyonlarını artırmakta ve yaprak fonksiyonlarının sürdürülmesini sağlamaktadır. Bu durumda bitkinin verim kapasitesini etkilemektedir (Gümüş ve Şeker, 2011; Minotta ve Pinzauti, 1996).

Biyokömür uygulamaları yaprak klorofil içeriğini artırmaktadır (Agegehu ve ark., 2015; Adekiya ve ark., 2019). Asai ve ark. (2009), biyokömür uygulamalarına bağlı olarak çeltik bitkisinde nispi klorofilin azaldığını belirtmişlerdir. Artan biyokömür düzeylerinde Japon gülünde nispi klorofilin azaldığını belirtmişler ve klorofildeki azalmanın, biyokömür uygulamasına bağlı olarak mikro element konsantrasyonlarında meydana gelen azalmadan kaynaklandığı ve bu nedenle kloroz oluşumu gözlemlendiği tespit etmişlerdir (Fascella ve ark., 2018).

Yapılan uygulamaların mısır bitkisinin Ca, K ve P içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken; Mg üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Şekil(B)5,6,7,8). Yapılan uygulamada mısır bitkisinin Ca içerikleri "AZ" (%Ca <0.30), Mg içerikleri "AZ" (%Mg <0.15), K içerikleri "YETERLİ" (%K <2.50-4.00), P içerikleri "YETERLİ" (%P<0.30-0.50) ve "AZ" (%P<0.30) sınır değerleri arasında çıkmıştır (Jones Jr. ve ark. 1991). Biyokömür anyon değişim kapasitesini artırmakta, fiksasyona neden olan bazı elementlerin yarayışlılığını azaltmakta ve ayrıca önemli bir fosfor kaynağı olması nedeniyle bitkilerde P alımını artırdığı bilinmektedir (DeLuca ve ark., 2009). Biyokömür uygulamalarıyla bitki P içeriği artış göstermektedir (Güneş ve ark., 2014; İnal ve ark., 2015). Mısır bitkisinde P ve biyokömür uygulamaları bitki K, Ca ve Mg içeriğini, çeltikte ise bitki Mg içeriğini azaltmıştır (Kaya ve ark., 2019). İnal ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, biyokömür uygulamasının mısır bitkisinin Ca ve Mg içeriklerinin azalmasına neden olduğu belirtilmiştir. Özellikle en yüksek uygulama dozları olan 10-20 g saksı⁻¹ uygulamalarında Ca ve Mg içeriklerindeki azalış en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir.

AGB uygulamasının mısır bitkisinin Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil(B)9,10,11,12). Mısır bitkisinin Fe içerikleri "YETERLİ" (50-250 mg Fe kg⁻¹), Cu içerikleri "AZ" (<5 mg Cu kg⁻¹), Mn içerikleri "YETERLİ" (20-300 mg Mn kg⁻¹) ve Zn içerikleri "YETERLİ" (20-60 mg Zn kg⁻¹) sınır değerleri arasında çıkmıştır (Jones Jr. ve ark. 1991). Biyokömür fonksiyonel gruplar yönünden zengin bir materyaldir ve yüksek katyon değişim kapasitesi ve spesifik yüzey alanına sahip olması, ağır metallerin ve organik



Şekil A. AGB'nin biyokütle verimi ve besin elementi alınımına etkisi

AGB1: 2.5 g kg⁻¹; AGB2: 5 g kg⁻¹; AGB3: 10 g kg⁻¹; AGB4: 20 g kg⁻¹

GB: Gövde biyokütlesi; GKB: Gövde Kuru Biyokütlesi

kirleticilerin dış yüzeyde adsorbe edilmesini sağlamaktadır (Beesley ve Marmiroli, 2011; Lu ve ark., 2011). Rees ve ark. (2014) ile Zhou ve ark. (2017), asit karakterli topraklara (Rees ve ark., 2014; Zhou ve ark., 2017) ve hafif alkali karakterli topraklara biyokömür uygulamasıyla mikro elementlerin alınımının azaldığını belirtmişlerdir (Güneş ve ark., 2014).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyokömür organik materyallerin çok düşük oksijen ya da oksijensiz koşullarda yüksek pirolizi sonucu elde edilen karbonca zengin bir materyaldir. Biyokömür toprak düzenleyici olarak kullanılmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; biyokömür uygulaması kontrole kıyasla EC, organik karbon, toplam azot, yarıyıllı fosfor değerlerini önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca biyokömür uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu, biyokütle verimi ve SPAD değeri üzerine etkileri önemli bulunmuş ve biyokömür uygulamaları mısır bitkisinin K, P, Mn ve Zn içeriğini önemli ölçüde artırmıştır. Hem çeşitli çalışmalarda hem de bu çalışmada biyokömürün toprak kimyasal özelliklerini iyileştirmede önemli bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Toprağın sürdürülebilir kullanımını, korunmasını ve tarımsal üretimini artırarak bitki performansını iyileştirmek için etkin bir şekilde kullanılabilir.

AÇIKLAMA

Çalışmanın yürütülmesi ve sonuçların yazılması esnasında araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Herhangi bir "Çıkar Çatışması" bulunmamaktadır. Makalede yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.

Bu araştırma S.Ü. BAP 18401064 nolu projeden üretilmiş ve International Congress of Academic Research and Practice (INCES 2021 21-23 Haziran 2021)'da sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

Abbasi, M.K., Anwar, A.A., 2015. Ameliorating effects of biochar derived from poultry manure and white clover residues on soil nutrient status and plant growth

- promotion-greenhouse experiments. PLOS ONE. doi: 10.1371/journal.pone. 0131592.
- Adekiya, A. O., Agbede, T. M., Aboyeji, C. M., Dunsin, O. ve Simeon, V. T., 2019. Biochar and poultry manure effects on soil properties and radish (*Raphanus sativus* L.) yield. *Biological Agriculture and Horticulture*, 35 (1), 33-45.
- Agegehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., Muirhead, B., Wright, G. ve Bird, M. I., 2015. Biochar and biochar-compost as soil amendments: effects on peanut yield, soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North Queensland, Australia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 213, 72-85.
- Arı, H., Aydemir, S., Sönmez, O., Doğan, E., Öktem, A., Küçük, Ç., Bilgili, A.V., Şenbayram, M., 2016. Biyokatıların (Biochar) organik toprak iyileştiricisi olarak mısır bitkisi gelişimi ve sera gazlarının (CO_2 , N_2O ve CH_4) emisyonları üzerine olan etkilerinin belirlenmesi. TÜBİTAK Proje No: 112R005 Sonuç Raporu.
- Asai, H., Samson, B.K., Stephan, H.M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T., Horie, T. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos I. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research* 111, 81–84.
- Asri, F.Ö., Özkan, C.F., Demirtaş, E.I., Arı, N., 2013. Effects of organic and chemical fertilizer on soil properties and nutrient up take of cucumber. *Soil Water Journal*, 2 (1):337-342.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve bitki analizleri (Çeviri ve Derleme). 19 Mayıs Üniv., Zir. Fak Yay. No: 17, Samsun.
- Beesley L., Marmiroli M., 2011. The immobilisation and retention of soluble arsenic, cadmium and zinc by biochar. *Environ. Pollut.*, 159(2):474-80. doi: 10.1016/j.envpol.2010.10.016.
- Bender Özenc, D., Irmak Yılmaz, F., Tarakçıoğlu, C., Aygün, S., 2019. Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences* 32(Özel Sayı): 7-13, DOI: 10.29136/mediterranean.558856
- Bera, T., Collins, H., Alva, A., Purakayastha, T. ve Patra, A., 2016. Biochar and manure effluent effects on soil biochemical properties under corn production. *Applied Soil Ecology*, 107, 360-367.
- Chan, K. Y., Van Zwieten, E. L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 45, 629–634.
- Cheng, C.H., Lehmann, J., Engelhard, M.H., 2008. Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72: 1598-1610.
- DeLuca, T.H., MacKenzie, M.D., Gundale, M.J., 2009. Biochar effects on soil nutrient transformations. In: Lehmann J, Joseph S (eds), *Biochar for Environmental Management*. Science and Technology, London, pp. 251-270.
- Demirbaş, A.; Çoşkan, A., 2019. The effects of biochar and cadmium applications on yield and nutrient uptake of maize plant. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 7(sp2): 109-114.
- Demiralay, M., Sadıklar, M.S., Tilki, F. 2019. İki farklı tip tahribatsız portatif klorofil metre kullanarak Artvin’de yayılış gösteren sapsız meşede (*Quercus, Fagaceae*) klorofil tahmini. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 20, Sayı:1, Sayfa:28-35.
- Fascella, G., Mammano, M.M., D’Angiolillo, F., Roupheal, Y., 2018. Effects of conifer wood biochar as a substrate component on ornamental performance, photosynthetic activity, and mineral composition of potted *Rosa rugosa*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93(5): 519-528.
- Ghosh, S., Ow, L. F. ve Wilson, B., 2015. Influence of biochar and compost on soil properties and tree growth in a tropical urban environment. *International journal of environmental science and technology*, 12 (4), 1303-1310.

- 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.
- Gülser, C., Kızılkaya, R., Aşkın, T., Ekberli, I. 2015. Changes in soil quality by compost and hazelnut husk applications in a hazelnut orchard. *Compost Science Utilization* 23(3): 135-141.
- Gümüş, İ., Şeker, C. 2011. Farklı organik gübre uygulamalarında mısır bitkisinin SPAD değeri ölçüm zamanının belirlenmesi. 2. ULUSAL TOPRAK VE SU KAYNAKLARI KONGRESİ, 22-25 Kasım 2011, Ankara. Güneş, A., İnal, A. 2014. Tarımsal Atıkların Gerikazanımı I. Tavuk Gübresinden Piroliz İle Biyokömür Elde Edilmesi II. Biyokömürün Gübre Değerinin Araştırılması Ve İşlenmiş Tavuk Gübresi İle Karşılaştırılması. TÜBİTAK Proje No: 112O914 Sonuç Raporu.
- Güneş, A., İnal, A., Taşkın, M.B., Şahin, O., Kaya, E.C., Atakol, A., 2014. Effect of phosphorus-enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. *Soil Use Management*, 30: 182-188.
- Jhao, P., Neenu, S., Rashmi, I., Meena, B.P., Jatav, R.C., Lakaria, B. L., Biswas, A.K., Singh, M. & Patra, A.K., 2016. Ameliorating effects of leucaena biochar on soil acidity and exchangeable ions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47:10, 1252-1262. doi:10.1080/00103624.2016.1166380.
- Jones, J.B., Jr. B. Wolf, and H.A. Mills, 1991. *Plant Analysis Handbook*. pp: 1-213. Micro-Macro Publishing, Inc. USA.
- Irmak Yılmaz, F., Kurt, S., 2018. Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2): 143-150.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. *Plant analysis*. Nobel Publication, Ankara.
- Karaca, E., 2016. Fındık zurufu kompostunun toprakların ve fındık bitkisi yapraklarının besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Kaya, E.C., Akça, H., Taşkın, M.B., Mounirou, M.M., Kaya, T., 2019. Biyokömür ve fosfor uygulamalarının mısır ve çeltik bitkilerinin gelişimi ve mineral element konsantrasyonlarına etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 8(1): 46-54.
- Laird, D.A., Fleming, P., Davis, D.D., Horton, R., Wang, B., Karlen, D.L. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158, 443–449.
- Lashari, M. S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X. ve Yu, X., 2013. Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyrolytic solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain, *Field Crops Research*, 144, 113-118.
- Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M., 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—A review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(2): 403–427.
- Lehmann, J., 2007. Bio-energy in the black. *The Ecological Society of America*, 5, 381- 387.
- Lehmann, J. ve Joseph, S., 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Ltd., London, UK.
- Lewandowski, A., Zumwinkle, M., 1999. Assessing the soil system: A soil quality literature review. St. Paul, MN: Minnesota Department of Agriculture. Energy and Sustainable Agriculture Programs.
- Manirakiza, N., 2019. Biyokömür ve kompost uygulamalarının kumlu bir toprağın özellikleri ile mısır bitkisinin gelişimine etkileri. S.Ü. Fen Bil. Ens. *Toprak Bil. ve Bit. Bes. ABD. Yüksek Lisans Tezi*.
- Mensah, A. K. ve Frimpong, K. A., 2018. Biochar and/or compost applications improve soil properties, growth, and yield of maize grown in acidic rainforest and coastal savannah soils in Ghana. *International Journal of Agronomy*, 2018.

- Minitab, C.: Minitab reference manual (Release 7.1), State Coll., PA16801, USA, 1991.
- Minotta, G. ve Pinzauti, S., 1996. Effects of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *Forest Ecology and Management*, 86 (1-3), 61-71.
- Naeem, M. A., Khalid, M., Aon, M., Abbas, G., Amjad, M., Murtaza, B., Khan, W.-u.-D. ve Ahmad, N., 2018. Combined application of biochar with compost and fertilizer improves soil properties and grain yield of maize. *Journal of Plant Nutrition*, 41 (1), 112-122.
- Namlı, A., Akça, M.O., Akça, H. 2017. Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (1) 39 – 47.
- Rees, F., Simonnot, M.O., Morel, J.L., 2014. Short-term effects of biochar on soil heavy metal mobility are controlled by intraparticle diffusion and soil pH increase. *European Journal of Soil Science*, 65: 149-161.
- Saygan, E.P., 2017. Biyokömürün (Biochar) toprak düzenleyicisi olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi Fen Bil. Ens. Doktora Tezi.
- Shukla, M.R., Lal, R., Ebinger, Mç, 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research* 87: 194-204.
- Tarakçıoğlu, C., Özenç, D.B., Yılmaz, F.I., Kulaç, S., Aygün, S., 2019. Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 34(1): 107-117.
- Topoliantz, S., Ponge, J.F., Arrouays, D., Ballof, S. and Lavelle, P., 2002. Effect of organic manure and endogeic earthworm *pontoscolex corethrurus* (*Oligochaeta: Glossoscolecidae*) on soil fertility and bean production. *Biol.Fertil. Soils*. 36313-319. doi: 10.1007/s00374-002-0535-8.
- Turgay, O. 2018. Farklı Yöntemlerle Elde Edilen Biyokömürlerin Toprak Özellikleri ve Buğday Verimine Etkilerinin Karşılaştırılması. A.Ü. BAP Proje No: 1610447004.
- Yılmaz E, 2011. Effects of different sources of organic matter on some soil fertility properties: A laboratory study on a Lithic Rhodoxeralf from Turkey. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 42: 962-970.
- Yuan, J.-H., Xu, R.-K. ve Zhang, H., 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresource Technology*, 102 (3), 3488-3497.
- Xu, M.G., Li, D.C., Li, J.M., Qin, D.Z., Kazuyuki, Y., Hosen, Y., 2008. Effects of organic manure application with chemical fertilizers on nutrient absorption and yield of rice in hunan of Southern China. *Agricultural Sciences in China* 7 (10): 12451252.
- Verheijen, F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J., Smith, C.J., 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94 (1-4): 23-38.
- Yu, X.Y., Ying, G.G. and Kookana, R.S. 2006. Sorption And Desorption Behaviors Of Diuron In Soils Amended With Charcoal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 85.
- Zhou, D., Liu, D., Gao, F., Li, M., Luo, X., 2017. Effects of biochar-derived sewage sludge on heavy metal adsorption and immobilization in soils. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 681-696.