



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Tarımsal atıklardan elde edilen biyokömürün buğday bitkisinin gelişimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkileri

Ayten Namli *, Muhittin Onur Akça, Hanife Akça

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

Özet

Tavuk altlığı ve fındık kabuğu biyokömürü uygulamalarının, toprağın bazı kimyasal özellikleri ve buğday verim parametreleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla, Ankara İli Haymana ilçesinde bir yıl süreli tarla denemesi kurulmuştur. Bu kapsamda, biyokömür materyalleri tek başlarına 150 ve 300 kg da⁻¹ dozlarında ve kimyasal gübrelerle birlikte 0-20 cm toprak derinliğine tesadüf parselleri deneme desenine göre uygulanmıştır. Hasat sonrası alınan toprak örneklerinde yapılan analizlere göre, toprağa uygulanan biyokömürler, toprağın organik madde, azot, kireç, pH, EC, iz element ve ağır metal kapsamı üzerinde önemli etkiye bulunmamış, ancak fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum kapsamını önemli derecede artırmıştır. Tavuk altlığı biyokömürünün fındıkkabuğu biyokömürüne göre daha etkili olmuş, biyokömürlerin tek başlarına uygulanmasından ziyade DAP gübresiyle birlikte uygulanması durumunda verim, bitki boyu ve başakta tane sayısı üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Toprağa uygulanan biyokömürler danenin P, K, Ca ve Mg kapsamına etki etmiş ve danede en yüksek element içerikleri ise biyokömürlerin kimyasal gübreyle birlikte uygulandığında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, tavuk altlığı, fındık kabuğu, buğday, toprak özellikleri

The effects of biochars obtained from agricultural wastes on wheat plant growth and some soil properties

Abstract

In order to determine the effects of poultry litter and hazelnutshell biochar applications on some soil chemical properties and wheat growth criteria, a field experiment had been conducted in Haymana District of Ankara for one year. Within this scope, biochar materials were applied to 0-20 cm soil depth in doses of 150 and 300 kg da⁻¹ alone and together with chemical fertilizers according to the randomized plot experimental design. According to the test results of soil samples taken after harvest, biochar applications did not have significant impact on organic matter, nitrogen, lime, pH, EC, trace element and, heavy metal contents of soil, but significantly increased phosphorous, potassium, calcium and magnesium contents. It was found that poultry litter biochar was more effective than the nutshell biochar, and the applications of biochars together with DAP (diammonium phosphate) fertilizer to soil rather than the application of biochars alone were more effective on plant length and wheat grain number on spike. The biochars applications into soil affected P, K, Ca and Mg contents of grain, and the highest nutrient contents in grain were obtained when biochars applied together with the chemical fertilizers.

Keywords: Biochar, poultry litter, hazelnut shell, wheat, soil properties.

© 2017 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tarımsal ürün artıkları, odun gibi biyokütlelerin oksijen olmayan bir ortamda piroliz yoluyla ısıtıldığında ortaya çıkan karbon zengini yan ürün genellikle "biyokömür" olarak adlandırılmaktadır. Biyokömür kullanım amacı yönüyle odun kömüründen ayrılır, yani biyokömür yakıt olarak değil, atmosferik karbonu yakalama ve depolama amacıyla toprakta kullanılır. Biyokömürün; yüksek organik karbon içerikli, çok uzun

* Sorumlu yazar:

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 06110 Dışkapı Ankara

Tel.: 0(312) 596 17 58

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: namli@ankara.edu.tr

sürede çözünen, çok ince yapılı, organik kaynaklı özelliklerinden faydalanılarak tarımda gereksiz suni gübre kullanımını azaltmak ve ürünlerdeki verimi artırmak temel amaçtır. Yakın bir zamanda Avrupa Komisyonu, biyokömürü doğal özellikleri sayesinde belirli bir alanda toprağa uygulandığında aralıksız bir biçimde karbon ayırımında bulunup eş zamanlı olarak da toprak fonksiyonlarını geliştirirken (mevcut ve gelecekte yapılacak yönetimler altında) insan ve hayvan sağlığının yanı sıra kısa ve uzun vadede daha geniş çevre üzerinde zararlı etkileri yok edeceği hususunda bilimsel bir görüş birliğine varılan odun kömürü (sıfır ya da düşük oksijenli ortamda piroliz edilen biyokütle) olarak tanımlamıştır (Verheijen ve ark., 2010).

Biyokömürün toprağa katkı yapıcı bir madde olarak kullanılması, eş zamanlı olarak iklim değişikliğini hafifletme, toprak verimliliği ve tarımsal üretimi zenginleştirme olmak üzere ileri sürülmüştür (Glaser ve ark., 2002,2009; Lehmann ve ark., 2006; Ogawa ve ark., 2006). Bitki besin maddesi içeriği düşük olan topraklara biyokömür uygulaması potansiyel olarak tarımsal ve çevresel faydalarından ötürü ilgi gören bir kaynak olarak daha fazla karşımıza çıkmaktadır. Birkaç araştırma ve çalışma, toprak iyileştirme yönünden biyokömür kullanmanın bazı faydalarını ortaya çıkarmıştır. Bu olası faydaların içerisinde toprağa kararlı karbon uygulanması yoluyla küresel ısınmanın azaltılması, atık yönetimi, biyoenerji üretimi, toprak sağlığı ve toprağın verimlilik özellikleri de bulunmaktadır (Ogawa ve ark., 2006; Lehmann ve ark., 2006; Lehmann, 2007a,b; Mathews, 2008; Laird, 2008; Atkinson ve ark., 2010; Sohi ve ark., 2010; Woolf ve ark., 2010).

Biyokömür üretimi birçok farklı materyallerden yapılmaktadır ve materyalin yapısına bağlı olarak farklı özellikler taşımaktadır. Biyokömür uçucu maddeler ve mineral maddelerin dengelenmesi ile %65 ile %90'a kadar C içerir. Uygulanan farklı yöntemlere bağlı olarak sıcaklığın artması ile biyokömür oluşumu kütlece azalırken C içeriği artar.

Toprağın tekrar verimlilik kazanması için organik tarımda kullanımına müsaade edilen ıslah maddeleri (ahır gübresi, kompost, tarım kireci, leonardit, organik atıklar, peatler-torflar, perlit, fosfat kayası, potas kayası, kümes atıkları) gibi kaynakların temini, kullanılabilir hale dönüştürülmesi ve sürdürülebilirliği açısından yeni teknik ve teknoloji arayışları her geçen gün devam etmektedir. Ayrıca Türkiye'de fosfor (P) ve potasyum (K) kaynaklarının yetersiz oluşundan bu hammaddelerin tamamı yurt dışından ithal edilip, Türkiye'de gübre haline getirilmektedir. Yine organik tarımda kullanılacak özellikte olan ve yerli üretimle sağlanan temel bitki besin elementlerini içeren organik gübre temininde sıkıntılar bulunmaktadır. Ülkemizde organik tarım uygulaması hiç gübre vermeden toprakta mevcut olan besin elementlerinin bitki tarafından kullanılması şeklinde gerçekleştirilmekte ya da geçiş sürecinde sıkıntılar yaşanmaktadır. Geçmişte kullanılan kimyasal gübrelerin, pestisitlerin mevcut etkileri yetiştiriciler tarafından etkin olarak bilinmemektedir ve ekonomik etkinlik, çevresel etkiler ve üretilen ürünlerin kalite ve içeriği üzerine problemler yaşanmaktadır. Bu sebeple gazlaştırma sonrasında ortaya çıkan biyokömür materyalinin içermiş olduğu yüksek K,P,Mg,Mn,Ca ve S gibi elementlerden dolayı bitkisel üretimde gübre olarak değerlendirilmesi söz konusudur. Tarımsal üretimden artan tarımsal atıklardan gazlaştırma işlemi sonrası ortaya çıkan biyokömürlerin tarımsal amaçlı kullanımında birçok faydasının olduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Shackley ve ark., 2012; Akça ve ark., 2015; Hansen ve ark., 2015; Ahmed ve ark., 2017). Tarımsal üretimden artan tarımsal atıkların gazlaştırılması ile gerek atık sorununun ortadan kalkması, gerekse ortaya çıkan biyokömürün gübre/toprak düzenleyici ve mikrobiyal aktivite artırıcı olarak kullanılmasıyla çevreye uyumlu ve üretim maliyeti düşük bir sistemin ülkemizde de katkıda bulunacağı söz konusudur. Başta 10. Kalkınma Planı olmak üzere iklim değişikliği, tarımsal kuraklık, çölleşmeyle mücadele, biyolojik çeşitlilik ulusal strateji belgeleri ve eylem planlarında toprakların karbon kapsamalarının artırılmasının önemi ve bu bağlamda organik girdiler kimyasal gübrelerle verilen desteklerin sağlanmasına yer verilmektedir.

Bu çalışmanın amacı; biyokütle olarak, tarımsal üretimden artan tarımsal atıkların (bitkisel ve hayvansal) verimli değerlendirilmesi amacıyla gasifier sistemiyle fındık kabuğu ve tavuk altığının gazlaştırılması sonrası elde edilen biyokömürün toprak düzenleyici ve mikrobiyal aktiviteyi artırmak için bitkisel üretimde karbon kaynağı olarak kullanılmasıyla buğday bitkisi verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem

Tarla denemesinin kurulması

Tarla denemeleri Ankara ili Haymana ilçesindeki Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği'nde tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve 11 uygulama konulu olarak bir ekim dönemi boyunca (Ekim 2015-Temmuz 2016) yürütülmüştür. Ankara Üniversitesi Araştırma Çiftliğinde yürütülen denemede parseller 4m x 4m boyutlarında hazırlanıp, bloklar arası ve parseller arası 1,5 m boşluklar bırakılmıştır. Tarla denemesi 2 dekar arazide yürütülmüştür.

Denemede kullanılan biyokömür materyali ve test bitkisi

Bu çalışmada ülkemizde atık miktarı fazla olan etlik piliç altlığı ve fındık kabuğundan gazifikasyon yöntemiyle elde edilen biyokömürler kullanılmıştır. Test bitkisi olarak da “Bezostaja ekmeklik buğday” çeşidi kullanılmıştır. Tarla denemesinin kurulduğu arazinin başlangıç toprak analizleri yapılarak uygulanacak olan 20.20.0 (NPK) kompoze ve DAP gübrelere dozlari belirlenmiştir. Bölgede DAP ve 20.20.0 kompoze gübresi yaygın olarak kullanıldığından gübrelili kontrol uygulaması her iki gübre kaynağı için denemede kullanılmıştır. Tarla denemesi uygulama konuları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan uygulama konuları

1. Kontrol
2. Gübrelili kontrol (DAP gübresi 20 kg da⁻¹)
3. Gübrelili kontrol (20.20.0 gübresi 35 kg da⁻¹)
4. 150 kg da⁻¹ Tavuk altlığı biyokömürü
5. 300 kg da⁻¹ Tavuk altlığı biyokömürü
6. 150 kg da⁻¹ Tavuk altlığı biyokömürü + DAP
7. 300 kg da⁻¹ Tavuk altlığı biyokömürü + DAP
8. 150 kg da⁻¹ Fındık kabuğu biyokömürü
9. 300 kg da⁻¹ Fındık kabuğu biyokömürü
10. 150 kg da⁻¹ Fındık kabuğu biyokömürü + DAP
11. 300 kg da⁻¹ Fındık kabuğu biyokömürü + DAP

Toprak hazırlığı, ekim ve gübreleme

2015-2016 ekim döneminde (Ekim 2015) deneme alanlarında toprak hazırlığı gerekli toprak işleme aletleri kullanılarak yapılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan deneme planına uygun olarak biyokömür toprak yüzeyine uygulanıp el çapasıyla toprakla karıştırılmıştır. Deneme alanında buğday ekimi mibzer ile yapılmıştır. Kimyasal gübreler ilgili parsellere tohumla birlikte mibzerle uygulanmıştır. Tarla denemelerinde Nisan ayında üst gübreleme ve ilaçlama yapılmıştır.

Toprak örneklerinin alınması

Deneme topraklarının pH, EC, organik madde, kireç, toplam azot, P, K, Ca, Mg, Ni, Cr, Pb, Cd, Cu, Zn, B kapsamalarının belirlenmesi amacıyla toprak örnekleme ekimden 1 ay sonra ve hasat döneminde olmak üzere 2 farklı zamanda 0-20 cm derinlikten alınmıştır.

Çizelge 2. Bitki ve toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri

Toprak analizleri	Yöntem
Bünye	Hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951)
Kireç	Scheibler kalsimetresi (Richards, 1954)
Toplam N	Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965)
Organik madde	Walkley Black Yöntemiyle (Jackson, 1969)
Değişebilir K	Richards (1954)’a göre
Alınabilir P	Spektrofotometrik (Olsen ve ark., 1954)
pH	1:2.5 toprak:su karışımı (Jackson, 1958)
Toplam Fe, Mn, Zn, Cu, Ca, Mg, S, Mo, B, Cd, Cr, Pb, Ni	Yaş yakma ICP OES cihazında
EC	1:2.5 toprak:su karışımı (Jackson, 1958)
Bitki analizleri	Yöntem
Toplam N, protein, Gluten, hektolitre, rutubet, süne ve indeks	Kjeldahl yöntemiyle (Kacar ve İnal, 2008)
P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mn, Fe, Cu, B, Cd, Cr, Pb, Ni	Gluten, hektolitre, rutubet, süne ve indeks analizleri Polatlı Borsası laboratuvarında yaptırılmıştır. Yaş yakma ile ICP OES cihazında (Kacar ve İnal, 2008)

Tarla denemesinde kullanılan biyokömürlerin mineral madde içerikleri Çizelge 3’te verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Tarla denemesi hasadı sonrası her bir parselden alınan toprak örneklerinde yapılan analizlere ait ortalamalar Çizelge 4’te verilmiştir.

Biyokömür uygulamalarının toprağın pH, EC, kireç, azot ve organik madde kapsamına etkisi

Tarla denemesinin hasadından sonra alınan toprakların analiz sonuçları Çizelge 4’te verilmiştir. Tarla denemesinde uygulamaların toprağın pH, EC, kireç, azot ve organik madde kapsamı üzerine olan etkileri arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır (Çizelge 4).

Çizelge 3. Denemede kullanılan biyokömürlerin mineral madde içerikleri

Element	Birim	Fındık kabuğu biyokömürü	Tavuk altlığı biyokömürü
Na ₂ O	%	0,520	0,680
MgO	%	0,409	2,068
Al ₂ O ₃	%	0,301	0,528
SiO ₂	%	1,953	3,377
P ₂ O ₅	%	1,176	5,533
SO ₃	%	0,738	2,530
Cl	%	1,341	2,439
K ₂ O	%	3,909	7,785
CaO	%	2,354	8,334
TiO ₂	%	0,021	0,064
V ₂ O ₅	%	0,002	0,009
Cr ₂ O ₃	%	0,045	0,058
MnO	%	0,081	0,127
Fe ₂ O ₃	%	0,669	2,546
LOI	%	85,830	64,720
Co	mg kg ⁻¹	6,400	26,100
Ni	mg kg ⁻¹	16,100	32,400
Cu	mg kg ⁻¹	48,600	107,100
Zn	mg kg ⁻¹	356,500	664,600
Ga	mg kg ⁻¹	0,600	0,500
Ge	mg kg ⁻¹	0,500	0,800
As	mg kg ⁻¹	1,000	0,900
Se	mg kg ⁻¹	0,300	0,400
Br	mg kg ⁻¹	6,200	12,700
Rb	mg kg ⁻¹	27,900	40,000
Sr	mg kg ⁻¹	44,400	89,900
Y	mg kg ⁻¹	0,800	0,600
Zr	mg kg ⁻¹	10,900	19,600
Nb	mg kg ⁻¹	3,900	2,800
Mo	mg kg ⁻¹	1,600	12,600
Cd	mg kg ⁻¹	0,500	0,600
In	mg kg ⁻¹	0,600	0,800
Sn	mg kg ⁻¹	0,500	0,900
Sb	mg kg ⁻¹	0,700	0,900
Te	mg kg ⁻¹	1,000	1,200
I	mg kg ⁻¹	1,800	5,200
Cs	mg kg ⁻¹	2,700	3,000
Ba	mg kg ⁻¹	37,200	73,900
La	mg kg ⁻¹	6,400	9,500
Ce	mg kg ⁻¹	8,600	9,800
Hf	mg kg ⁻¹	4,000	6,800
Ta	mg kg ⁻¹	4,800	8,700
W	mg kg ⁻¹	5,200	7,600
Hg	mg kg ⁻¹	0,600	1,000
Tl	mg kg ⁻¹	0,600	0,900
Pb	mg kg ⁻¹	1,900	4,500

Biyokömür uygulamalarının toprağın yarıyışlı fosfor kapsamına etkisi

Toprakların bütün uygulama konularında belirlenen yarıyışlı P değerleri kontrol parselinden daha yüksek belirlenmiş ve toprakların P değerlerinin kontrol topraklarında belirlenen değerlerin üzerinde belirlenmesi istatistiksel olarak $P < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Tek başına tavuk altlığı biyokömürü, fındık kabuğu biyokömürüne göre toprağın alınabilir P kapsamını daha fazla artırmıştır (Çizelge 4). Tüm uygulamalarda belirlenen toprakların alınabilir P kapsamı yeterli durumdadır ve toprağa biyokömür olarak organik materyal ilavesi yarıyışlı fosfor miktarını bir miktar artırmıştır. Toprağa her ekim döneminde biyokömür veya diğer organik materyallerin uygulanması durumunda toprağın organik madde miktarı ve buna bağlı olarak toprakta bağlı halde bulunan fosforun açığa çıkması ve bitkiler tarafından alınabilir forma geçmesi mümkün olmaktadır.

Çizelge 4. Uygulamaların bazı toprak özelliklikleri üzerine etkileri

Uygulama konuları	N %	P mg/kg	K mg/kg	Ca %	Mg %	Organik madde %	pH (1:5)	EC, dS/m	Kireç %
Kontrol	0,055öd	5,431 ab	83,40 b	9,82 b	1,05 b	1,090 öd	7,96 öd	0,224öd	24,132 öd
DAP	0,062 öd	7,044 a	83,31 b	9,70 b	1,03 b	1,092 öd	8,01 öd	0,256öd	24,274 öd
20:20:0	0,065 öd	7,186 a	84,58 b	9,82 b	1,07 b	1,089 öd	8,00 öd	0,278öd	24,719 öd
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	0,051 öd	5,526 ab	85,441 a	10,997 a	1,270 a	1,180 öd	8,003 öd	0,314 öd	24,512 öd
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	0,052 öd	5,693 ab	86,417 a	10,517 a	1,266 a	1,242 öd	8,073 öd	0,322 öd	24,787 öd
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	0,052 öd	8,424 a	85,137 a	10,780 a	1,263 a	1,019 öd	8,000 öd	0,325 öd	24,268 öd
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	0,057 öd	8,192 a	86,741 a	10,793 a	1,286 a	1,268 öd	8,000 öd	0,324 öd	24,446 öd
100 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	0,057 öd	5,328 ab	85,815 a	9,330 b	1,140 b	1,068 öd	7,996 öd	0,315 öd	24,137 öd
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü	0,055 öd	6,271 a	86,595 a	9,467 b	1,150 ab	1,312 öd	8,003öd	0,326 öd	23,844 öd
100 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	0,056 öd	7,117 a	86,173 a	9,097 b	1,176 a	1,121 öd	8,000 öd	0,312 öd	24,315 öd
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	0,057 öd	7,792 a	86,959 a	9,250 b	1,170 a	1,330 öd	8,013 öd	0,315 öd	24,080 öd
LSD: P<0.05	0,037	3,069	2,114	1,045	0,139	0,685	0,122	0,1624	1,808

Biyokömür uygulamalarının toprağın değişebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum kapsamına etkileri

Topraklara uygulanan biyokömürler toprağın değişebilir K içeriğini kontrole ve tek başına kimyasal gübre uygulamasına nazaran artırmış, fındık kabuğu biyokömürü ve tavuk altlığı biyokömürünün tek başlarına ve kimyasal gübrelere birlikte uygulandığı parsellerde değişebilir K'da meydana gelen bu artışlar $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Topraklarda biyokömüre bağlı potasyumda meydana gelen artış biyokömürün içermiş olduğu potasyumdan kaynaklanmaktadır. Topraklarda değişebilir potasyum miktarının $40-150 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği ve değişebilir potasyumun 150 mg kg^{-1} olduğu zaman bitkilerde beslenme yönünden bir sorun olmayacağı Barber (1985) tarafından bildirilmiştir. Buna göre deneme parsellerinin değişebilir K bakımından orta düzeyde olduğu söylenebilir.

Topraklara uygulanan biyokömürler toprağın Ca ve Mg içeriğini kontrole ve tek başına kimyasal gübre uygulamasına nazaran artırmış, fındık kabuğu biyokömürü ve tavuk altlığı biyokömürünün tek başlarına ve kimyasal gübrelere birlikte uygulandığı parsellerde Ca ve Mg'da meydana gelen bu artışlar $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Topraklarda biyokömüre bağlı Ca ve Mg'dan meydana gelen artış biyokömürün içermiş olduğu Ca ve Mg'dan kaynaklanmaktadır. Biyokömürün hangi materyalden elde edilmiş olduğu ve bu materyalin içeriği büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada kullanılan tavuk altlığının Ca ve Mg içeriği, fındık kabuğu biyokömürünün içeriğine nazaran 4 katı daha fazla Ca ve Mg içermekte olup (Çizelge 3), tavuk altlığı biyokömürünün toprağın Ca ve Mg miktarı üzerine etkisi de fındık kabuğu biyokömüründen daha fazla olmuştur.

Biyokömür uygulamalarının buğday danesinin makro element içerikleri üzerine etkileri

Biyokömür uygulamasının buğday danesi üzerine etkileri Çizelge 5'te verilmiştir. Uygulamalara bağlı olarak danenin fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriklerinde meydana gelen değişimler $P > 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Toprağa uygulanan biyokömürler danenin P, K, Ca ve Mg kapsamına etki etmiş, biyokömürler kimyasal gübreyle birlikte uygulandığında ise danede en yüksek element içerikleri elde edilmiştir.

Çizelge 5. Buğday danesi makro element içerikleri

Uygulama Konuları	Azot %	Fosfor %	Potasyum %	Kalsiyum %	Magnezyum %
Kontrol	2,00 c	0,217 c	0,326 c	0,033 bc	0,108 b
DAP	2,50 a	0,265 b	0,327 c	0,039 b	0,101 b
20.20.0	2,50 a	0,255 b	0,358 bc	0,032 bc	0,102 b
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	2,14 c	0,277 b	0,410 ab	0,039 b	0,113 ab
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	2,20 b	0,279 b	0,403 b	0,034 c	0,121 a
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	2,52 a	0,326 a	0,454 a	0,040 b	0,124 a
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	2,59 a	0,296 a	0,412 ab	0,052 a	0,139 a
100 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	2,18 a	0,287 ab	0,411 ab	0,044 ab	0,117 a
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü	2,28 b	0,281 b	0,433 ab	0,040 b	0,123 a
100 kgda ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	2,49 a	0,284 ab	0,448 ab	0,047 a	0,125 a
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	2,59 a	0,291 a	0,431 ab	0,050 a	0,117 a
LSD: P<0.05	0,381	0,043	0,050	0,009	0,028

Toprağa uygulanan biyokömürler buğday danesinin P, K, Ca ve Mg içeriğinde artışa neden olmuştur. Bu artış tavuk altlığı biyokömüründe daha fazladır. Biyokömürlerin element içeriklerine bağlı olarak toprağın ve buğday tanesinin element kapsamı da değişmektedir. Gill ve ark. (2004) tarafından temel gübrelemeyle yetiştirilen 30 ekmeklik buğday çeşidinde danenin fosfor içeriğinin % 0.119-0.333 arasında değiştiği saptanmıştır. Graham ve ark. (1999) tarafından 132 ekmeklik buğday çeşidinde yapılan çalışmada, danede fosfor içeriğinin $2650-4960 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği ve ortalama 3380 mg kg^{-1} olduğu, potasyum içeriğinin $2850-5220 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişerek ortalama 3600 mg kg^{-1} , Ca içeriğinin ise $250-729 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişerek ortalama 416 mg kg^{-1} olduğu saptanmıştır. Erdman ve Moul (1982) tarafından kırmızı sert kışlık ve yazlık buğday çeşitlerinde tanenin ortalama fosfor içeriğinin %0.27 ve %0.33, ortalama potasyum içeriğinin % 0.37 ve % 0.48 ve ortalama Ca içeriğinin de % 0.030 ve % 0.037 olduğu belirtilmiştir. Tarla denemesi buğday danesinde belirlenen P, K ve Ca içerikleri yapılan araştırmalardan elde edilen verilerle uyum göstermektedir.

Haymana tarla denemesinde hasat edilen buğday danesinin iz element (demir, bakır, çinko, mangan) içerikleri Çizelge 6'da verilmiştir. Toprağa uygulanan organik materyaller buğday danesinin Fe, Cu ve Mn içeriklerini etkilemezken, Zn içeriğinde artışa neden olmuştur. Barut (2012), sera koşullarında, yeterli Zn dozu ile yüksek N dozu uygulamasının Zn ve Fe' in vejetatif dokudan alınımı ve remobilize olmasına katkısı olduğunu, tarla şartlarında yeterli miktarda N uygulamasının mikroelementlerin remobilizasyon üzerine olan pozitif etkisinin, kuraklık veya her hangi bir steres koşulu nedeniyle dane gelişim döneminde Zn alınımının sınırlandırılması durumunda daha önemli hale geldiğini belirtmiştir. Lavado ve ark. (2001) tarafından ekmeclik buğdayın tanesinde Zn içeriğinin temel gübrelemeyle toprak işlemez uygulamada 36.87 mg kg⁻¹ ve klasik tarım uygulamasında 37.65 mg kg⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 6. Buğday danesi mikro element içerikleri

Uygulama Konuları	Demir mg kg ⁻¹	Bakır mg kg ⁻¹	Çinko mg kg ⁻¹	Mangan mg kg ⁻¹
Kontrol	77,03 öd	5,550 öd	19,325 bc	38,575 öd
DAP	81,02 öd	6,100 öd	21,325 b	37,350 öd
20.20.0	78,10 öd	6,600 öd	21,375 b	39,525 öd
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	82,60 öd	6,100 öd	23,333 b	39,867 öd
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	88,33 öd	5,100 öd	24,000 a	41,533 öd
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	79,23 öd	4,433 öd	23,733 ab	37,700 öd
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	88,57 öd	4,566 öd	24,600 a	42,800 öd
100 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	80,40 öd	5,000 öd	23,733 ab	42,333 öd
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü	81,93 öd	5,833 öd	23,700 ab	39,500 öd
100 kgda ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	81,97 öd	5,800 öd	24,433 a	39,100 öd
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	79,33 öd	6,466 öd	26,233 a	40,333 öd
LSD: P<0.05	11,517	3,001	2,546	7,655

Parsellerden hasat edilen buğday verimi en düşük kontrol parselinde 304.58 kg da⁻¹, en yüksek verim ise 200 kg da⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP uygulamasında 421.00 kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 7). Uygulamalara bağlı dekara verimde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Biyokömürlerin kimyasal gübrelerle birlikte uygulanması buğday verimi üzerinde en fazla etkiye sahip olmuştur. Yörenin geleneksel uygulaması olan tek başına 20 kg da⁻¹ DAP uygulamasına kıyasla toprağa ilave edilen organik materyaller buğday verimini önemli düzeyde artırmıştır. Gerek tek başına organik materyallerin toprağa uygulanması gerekse organik materyallerin kimyasal gübrelerin yanında toprağa uygulanması verimi önemli derecede artırmıştır.

Çizelge 7. Buğday verimi, başakta dane ağırlığı ve bitki boyu değerleri

Uygulama Konuları	Verim kg da ⁻¹	Başakta tane ağırlığı g	Bitki boyu cm
Kontrol	304,58 bc	10,005 b	98,50 b
DAP	387,81 b	11,348 a	102,50 a
20.20.0	391,46 b	11,435 a	102,50 a
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	356,03 b	10,81ab	100,00 ab
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü	379,21 b	11,97a	100,00 ab
100 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	405,36 a	11,06a	105,00 a
200 kg da ⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP	421,00 a	12,03a	105,6 a
100 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	343,30 b	11,66a	99,30 ab
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü	348,14 b	11,49a	99,60 ab
100 kgda ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	398,00 b	11,84a	104,30 a
200 kg da ⁻¹ fındık kabuğu biyokömürü + DAP	410,50 a	11,70a	103,00 a
LSD: P<0.05	66,672	1,911	8,0258

Biyokömür uygulamalarının bitki boyu üzerine etkileri

Kimyasal ve organomineral içerikli gübrelerin uygulandığı parsellerden elde edilen bitki boyu değerleri en düşük kontrol parselinde 98.5 cm, en yüksek bitki boyu ise 200 kg da⁻¹ tavuk altlığı biyokömürü + DAP

uygulamasında 105,6 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 7). Toprağa kimyasal gübreye birlikte biyokömür uygulaması bitki boyunun artmasına etki etmiştir. Uygulamalara bağlı bitki boyundaki kontrol uygulamasına göre belirlenen artışlar $P>0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bitki boyu çeşidin genetik yapısı, ekim sıklığı, ekim zamanı, yağış durumu, gübreleme ve toprak şartlarına göre değişmektedir (Yürür ve ark. 1987; Gençtan ve Sağlam, 1987; Kün 1988). Bitki boyu, hasat indeksi ve yatmaya etkisi yönünden önemli morfolojik özelliklerden biridir (Kırtok ve ark. 1987; Kün 1996). Sonuçlar, Dönmez (2002)'in 25 ekmeklik buğday çeşidinde Haymana'da belirlediği bitki boyu ortalamalarından (55.3-83.2 cm) nispeten yüksektir. Kaya ve ark. (2005), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliğinde, tohuma çinko ve yaprakтан humik asit uygulamalarının ekmeklik buğdayda yürüttüğü tarla denemesinde, ilk yıl bitki boyunu 106.7-112.3 cm, ikinci yılda, ise 107.6-112.6 cm arasında bulmuştur. Elde edilen sonuçlar bu çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Sonuç

Sonuç olarak incelenen özellikler birlikte değerlendirildiğinde; tarımsal atıklardan biyokömür elde edilerek toprağa uygulanması durumunda bazı toprak özellikleri ile bitki verim öğelerine etki edebileceği bu çalışma dahil pekçok çalışmada belirlenmiştir. Bu çalışmada hayvansal ve bitkisel atık olarak denemeye alınan tavuk altlığı ve fındık kabuğu biyokömürünü birbiriyle kıyasladığımızda tavuk altlığının daha etkili olduğu belirlenmiştir. Her iki biyokömürün tek başına uygulanmasından ziyade kimyasal gübrelerle kombinasyonu şeklinde uygulaması bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerinde daha fazla etkili olmuştur. Ülkemizde biyokömür materyali yeni bir kavram olup, üzerinde yapılmış araştırma sayısı oldukça azdır. Giderek biyokömüre olan ilgiyle birlikte çalışma sayısı artış göstermekte fakat hala yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma bir yıllık tarla denemesi sonuçlarını içermekte olup, biyokömürle ilgili daha uzun yıllar farklı bitkiler üzerinde, farklı dozlarda tarla denemelerinin yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Ahmed F, Islam M, Iqbal M, 2017. Biochar amendment improves soil fertility and productivity of mulberry plant. *Eurasian Journal of Soil Science* 6(3): 226-237.
- Akça MO, Namlı A, 2015. Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(3): 161-168.
- Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hipps NA, 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biyokömür application to temperate soils: A review. *Plant and Soil* 337: 1-18.
- Barber SA, 1985. Potassium availability at the soil-root interface and factors influencing potassium uptake. In: Potassium in Agriculture. RD Munson (Ed.). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. pp 309-324.
- Barut H, 2012. Farklı doz ve zamanlarda uygulanan çinko ve azotun buğdayda tane çinko konsantrasyonu üzerine etkisi. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, Adana.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43: 434-438.
- Bremner JM, 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties. Black, C.A. (ed.), Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron.Series. No: 9, Madison, Wisconsin, USA, pp. 1149-1178.
- Dönmez E, 2002. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde genotip x çevre interaksyonları ve stabilite analizleri üzerine bir araştırma. Doktora tezi (Basılmamış), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Ens, Tokat.
- Erdman JA, Moul RC, 1982. Mineral composition of small-grain cultivars from a uniform test plot in South Dakota. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 30: 169-174.
- Gençtan T, Sağlam N, 1987. Ekim Zamanı ve Ekim Sıklığının Üç Ekmeklik Buğday Çeşidinde Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Türkiye Tahıl Sempozyumu, 171-183, 6-9 Ekim, Bursa.
- Gill HS, Singh A, Sethi SK, Behl RK, 2004. Phosphorus Uptake and Use Efficiency in Different Varieties of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science* 50: 563-572.
- 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.
- Glaser B, Parr M, Braun C, Kopolo G, 2009. Biochar is carbon negative. *Nature Geoscience* 2(1), 2.
- Graham R, Senadhira D, Bebe S, Iglesias C, Monasterio I, 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field Crops Research* 60: 57-80.
- Hansen V, Müller-Stöver D, Ahrenfeldt J, Holm J K, Henriksen UB, Hauggaard-Nielsen, H, 2015. Gasification biochar as a valuable by-product for carbon sequestration and soil amendment. *Biomass and Bioenergy* 72: 300-308.
- Jackson ML, 1958. Soil Chemical analysis. Prentice Hall, London.
- Jackson ML, 1969. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki analizleri, Cilt 1., Nobel yayını, 892 s, Ankara.
- Kaya M, Atak M, Çiftçi CY, Ünver S, 2005. Çinko ve Humik Asit Uygulamalarının Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.)'da Verim ve Bazı Verim Öğeleri Üzerine Etkileri. *Süleyman Demirel Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 9(3)
- Kün E, 1988. Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No:1032 Ders Kitabı, 299, S. 322, Ankara.
- Kün E, 1996. Tahıllar-I. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:1451, Ders Kitabı: 431, Ankara.
- Laird AD, 2008. The charcoal vision. A win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permaneny sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Agronomy Journal* 100: 178-181.

- Lavado RS, Porcelli CA, Alvarez R, 2001. Nutrient and heavy metal concentration and distribution in corn, soybean and wheat as affected by different tillage systems in the Argentina Pampas. *Soil & Tillage Research* 62: 55-60.
- Lehmann J, 2007a. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and The Environments* 5: 381-387.
- Lehmann J, 2007b. A handful of carbon. *Nature* 447: 143-144.
- 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.
- Mathews JA, 2008. Viewpoint: Carbon-negative biofuels. *Energy Policy* 36(3): 940-945.
- 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.
- Olsen SR, Sommers LE, 1982. Phosphorus, In: Page L A, Miller R H, Keeney D R, ed. Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp.539-579
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture Handbook, 60.
- Shackley S, Carter S, Knowles T, Middelink E, Haefele S, Sohi S, Haszeldine S, 2012. Sustainable gasification-biochar systems? A case-study of rice-husk gasification in Cambodia, Part I: Context, chemical properties, environmental and health and safety issues. *Energy Policy* 42: 49-58.
- Sohi SP, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R, 2010. A review of biyokömür and its use and function in soil. *Advances in Agronomy* 105: 47-82.
- Verheijen F, Jeffery S, Bastos A C, van der Velde M, Diafas F, 2010. Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. EUR 24099 EN Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 149.
- Woolf D, Amonette JE, Street-Perrott FA, Lehmann J, Joseph S, 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications* 1(56): 1-9.
- Yürür N, Tosun O, Eser D, Geçit H, 1981. Buğdayda anasap verimi ile bazı karakterler arasındaki ilişkiler. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları 755:443.