



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi:10.7161/omuanajas.433030

Fındık kabuğundan üretilen biyokömürün toprağın besin maddesi kapsamı üzerine etkisi

Ceyhan Tarakçıoğlu*, Damla Bender Özenc, Funda Irmak Yılmaz, Sezen Kulaç, Selahattin Aygün

Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu/Türkiye
*Sorumlu yazar/corresponding author: ctarakcioglu@hotmail.com

Geliş/Received 11/06/2018 Kabul/Accepted 20/11/2018

ÖZET

Bu çalışmada fındık kabuğundan elde edilmiş olan biyokömür (BK) ile fındık zurufu (FZ) ve ahır gübresinin (AG) inkübasyona bırakılarak toprak pH'sı, organik madde, toprağın makro ve mikro besin element kapsamı üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla toprağa 0-3-6 ton da⁻¹ düzeyinde organik materyaller uygulanmış ve 30-60-90-120 gün süreyle sera koşullarında inkübasyona bırakılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Organik materyallerin dozu arttıkça toprağın organik madde (OM), toplam azot, bitkiye yararlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum miktarını ve pH'yı (FZ hariç) arttırdığı, bitkiye yararlı bakır miktarının azaldığı, demirde ise 6 ton da⁻¹ uygulama düzeyinde azaldığı tespit edilmiştir. Toprakların bitkiye yararlı mangan ve çinko kapsamının biyokömür uygulama dozu arttıkça azaldığı belirlenmiştir. İnkübasyon süresine bağlı olarak toprakların toplam azot ve OM kapsamının genellikle azalma eğiliminde olduğu, fakat ahır gübresi uygulamasının 90 ve 120 günlük inkübasyon süresinde OM kapsamını arttırdığı saptanmıştır. Mikro elementlerin inkübasyon süresine bağlı olarak düzenli bir şekilde azaldığı, toprağın bitkiye yararlı fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum kapsamının sırasıyla inkübasyonun 90. ve 60. gününe kadar arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, incelenen tüm parametreler içerisinde organik materyal uygulamalarının etkisi pH ve azot hariç en yüksek fındık zurufunda en düşük ise biyokömür uygulamalarından elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Ayrıştırma süresi
Organik materyal
Besin elementi
kapsamı

Effects of biochar derived from hazelnut shell on soil nutrient contents

ABSTRACT

In this study, the effects of the hazelnut husk (FZ), animal manure (AG) and the biochar (BK) obtained from hazelnut shells on pH, organic matter, macro and micro element contents of the soil were investigated after incubation. For this purpose, 0-3-6 ton da⁻¹ organic materials were applied to the soil and were incubated in greenhouse conditions for 30-60-90-120 days. The trial was conducted according to the randomized parcels experiment design with 3 replicates. As the amount of organic material increased, organic matter, total nitrogen, available phosphorus, extractable potassium contents in the soil and soil pH (except for hazelnut husk application) increased, but plant available copper content and iron contents (with 6 ton application) decreased. It has been determined that soil available zinc and manganese contents were decreased by increasing biochar applications. Total nitrogen and organic matter content of the soil tended to decrease generally depending on the duration of the incubation, whereas it has been found that the farmyard manure applications increased the organic matter content in 90 and 120 incubation times. Available micro element contents of the soil were regularly decreased during incubation period, but available phosphorus and extractable potassium contents increased during 90 and 60 incubation times, respectively. As a result, the effect of organic material application on examining parameters was obtained in the highest hazelnut husk applications except for pH and nitrogen, and the lowest in biochar applications.

Keywords:
Decomposition times
Organic material
Nutrient content

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Tarımsal üretimlerde toprakların sürdürülebilirliğinin sağlanması, fazla ürün almak için yapılan uygulamalardan daha fazla öneme sahip olmaya başlamıştır. Yoğun toprak işleme, erkencilik ve çeşitlilik sağlamak adına topraklarda daha fazla üretim yapma isteği toprakların yapılarında hızla deformasyonlara ve kalite özelliklerini kaybetmelerine neden olmaktadır. Toprak kalitesi ve sağlığını korumada en etkili yolun topraklara organik madde kaynağı sağlamak olduğu bilinen bir sonuçtur. Organik madde kaynakları toprak organizmalarına besin kaynağı sağlarken, bu canlıların da toprak kalitesine olan katkılarını teşvik etmektedir. Ayrıca, artan nüfus ve gıda ihtiyacının karşılanması için yetiştirilen ürünlerin hasat sonu artıkları, işlemeye bağlı olarak açığa çıkan atıklar gibi birçok yan üründe hem üretici için hem de çevre için sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle, temel organik gübre kaynağı olan çiftlik gübresinin azalmasıyla birlikte topraklarımızda hızla azalan organik madde için bu üretim artıklarının tekrar toprağa kazandırılması günümüzde üzerinde en fazla çalışılan konular arasında yer almaktadır.

Ülkemiz için en önemli bir tarımsal ürün olan fındık bitkisinin hasat sonrası açığa çıkan ve zuruf denilen kuru dış kabuğu üreticiler tarafından yakılmakta, ya da bahçelerde, cadde kenarlarında bırakılmakta, kuru kabuk ise ısınma amaçlı yakacak olarak kullanılmaktadır. Üretim miktarı dikkate alındığında büyük bir potansiyel olan bu atıklar, doğrudan kullanılmadığı için değerlendirilmeyen atıklar olarak çevrede kalmaktadır. Fındığın hasat ve kırma artıkları iyi bir karbon kaynağı olup, organik madde bakımından oldukça zengin içerikli olmasına rağmen doğal organik madde kaynağı olarak değerlendirilmesi ne yazık ki alışkanlık haline getirilememiştir. Diğer organik materyallerle kıyaslandığında, yüksek yüzey alanlı ve gözenekliliğe sahip biyokömür suyun ve besinlerin emilimi ve tutunmasını sağlar ve ayrıca yararlı mikroorganizmaların gelişmesine yönelik bir yaşam alanı oluşturmada, dolayısıyla toprak düzenleyicisi olarak değerlendirilmektedir (Glaser ve ark., 2002; Warnock ve ark., 2007).

Fındık zuruf kompostunun bileşiminin çiftlik gübresine yakın veya daha zengin olduğu (Çalışkan ve ark., 1997), toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda bitki besin elementlerini sağladığı da bildirilmiştir (Zeytin ve Baran, 2003; Bender Özenç, 2005). Fındık bahçesinde fındık zurufu, torf, çiftlik gübresi ve tavuk gübresinin kullanımının araştırıldığı bir çalışmada; zurufun doğal yapısında bulunan organik ögelerin ayrışmaya karşı dirençli olduğu, bitki gelişiminin en iyi 1.5-3.0 ton da⁻¹ fındık zurufu dozundan elde edildiği bildirilmiştir (Özenç, 2004). Topraklara atık fındık zurufu kompostu uygulaması özellikle organik madde artışı ile birlikte toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin gelişmesini sağlamış, toprakta mikrobiyal faaliyetler büyük oranda artmış, toprağın tamponlama

kapasitesini artırarak kimyasal toprak özelliklerinden pH, elektriksel iletkenlik, değişebilir katyonların miktarı, organik madde ve toplam azot içeriğini; fiziksel özelliklerden agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi ve solma noktasını; biyolojik özelliklerden toprak solunumu ve biyomas-C içeriğini artırmıştır (Biol ve Bender Özenç, 2011; Aygün, 2015; İslam, 2016).

Organik maddelerin çürüme işlemi süresince, 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 (Liang ve ark., 2008). Biyokömür ince taneli, çok gözenekli bir kömür maddesidir, toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaya olan eğilimi ile diğer kömür türlerinden ayırt edilir. Biyokömür üretmek için kullanılan organik biyokütle özel ısıtma işlemi, geniş yüzey alanı ve çok az biyolojik çürüme ile toprakta kalıcı bir özelliğe katkıda bulunmaktadır (Lehmann ve Rondon, 2006). Taze organik materyaller bitkiler ve toprak mikroorganizmalar için besin sağlarken, biyokömür besin ve suyun bitkiler tarafından alınımı artıran bir katalizör görevi görür.

Biyokömür, organik maddelerin oksijensiz ortamda pirolizi ya da çok az oksijen ile gazlaştırma işlemiyle elde edilen yüksek karbon ve mineral madde içeren yeni ürüne verilen isimdir (Lehmann, 2007). Biyokömürün üretildiği koşullar ve kullanılan organik maddenin türü, toprak ıslahında büyük oranda etkili olur (McClellan ve ark., 2007; McLaughlin ve ark., 2009). Biyokömürün en önemli kalite ölçümleri yüksek katyon değişim kapasitesi, adsorbsiyon ve bileşenlerin düşük taşınabilirliğidir (Glaser ve ark., 2002; Liang ve ark., 2006; McClellan ve ark., 2007; McLaughlin ve ark., 2009). Sürdürülebilir biyokömür üretim modelinde, belediye atıkları, orman ve tarımsal atıklar yeşil atık hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Biyokömürün en yaygın kullanımı toprak içine ilave edilmesidir. Biyokömür, toprak yüzeyine diğer organik materyallerle birlikte uygulanabilir veya kompost, malç ile karıştırılarak uygulanabilir; ya da ince öğütülmüş sıvı bir bulamaç şeklinde elle veya makine ile serilerek uygulanabilir. Kompostun bileşeni olarak biyokömür sinerjetik etkilere sahip olabilir; mikrobiyal aktiviteyi artırır, kompostlama süresince besin kayıpları azaltır (Dias ve ark., 2010). Çalışmalarda, biyokömürün toprağa karıştırıldıktan sonra zaman ilerledikçe bitki gelişimini iyileştirici yönde önemli etkiler yaptığı ifade edilmiştir (Major ve ark., 2010). Toprağa biyokömür uygulanması; gübre ihtiyacını yaklaşık % 10 oranında azaltma, 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 hem fiziksel,

kimyasal hem de biyolojik özellikler üzerine uzun vadede etkisi olduğu belirtilmiştir (Jeffery ve ark., 2011). Biyokömür uygulamalarının N_2O ve CH_4 emisyonunu etkileyebildiği, N_2O emisyonunu azaltarak sera gaz emisyonlarının azalmasına son yıllarda cazip hale geldiği bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2010; Jia ve ark., 2012). Geniş C/N oranı nedeniyle organik maddelerin zor ayrışmasını önlemek açısından de gerekli ölçüde topraklara mineral madde verilmesi ve bu oranının dengelenmesi açısından son derece önem taşımaktadır.

Bu çalışmada yörede sadece yakacak olarak kullanılan fındık kabuğunun biyokömüre dönüştürülerek toprak düzenleyicisi olarak kullanım imkanları ile diğer organik madde kaynaklarıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Sera koşullarında yürütülen çalışma ile biyokömür, dört yıllık fındık zurufu ve olgunlaşmış hayvan gübresinin farklı oranlarda toprağa karıştırılarak, farklı dönemlerde topraklarda meydana getirdiği değişimler değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Deneme, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülmüştür. Denemede 0-20 cm derinlikten alınan kumlu tınlı toprak kullanılmıştır. Organik materyal olarak, fındık kabuğundan üretilen biyokömür, fındık hasat artığı olarak 4 yıllık zuruf ve ahır gübresi kullanılmıştır. Fındık zurufu ve ahır gübresi üreticilerden, biyokömür üretimi yapan bir firmada fındık kabuğundan biyokömür hazırlatılarak temin edilmiştir. Organik materyal olarak üreticiden temin edilen fındık hasat artığı olan 4 yıllık zuruf ve ahır gübresi kullanılmıştır. Biyokömür ise PAL Havacılık Ziraat San. Tic. Ltd. Şti. isimli şirket tarafından fındık kabuğunun 380 °C'de sistemden yarıcı gazlar da dâhil olmak üzere gaz çıkışının bitimine kadar 4.5 saat yakılmasıyla elde edilmiştir.

2.2. Yöntem

Araştırmada, 4 mm'den elenmiş üç farklı organik materyallerden (biyokömür, fındık zurufu ve ahır gübresi) 0-3-6 ton da⁻¹ düzeyinde uygulanmış ve dört dönem inkübasyona bırakılarak [30 gün (1.D), 60 gün (2.D), 90 gün (3.D) ve 120 gün (4.D)] üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre doğal koşullar altında serada yürütülmüştür. Hava kuru 3 kg toprak alan saksılara belirlenen oranlarda karışımlar ayrı ayrı hazırlanıp doldurulduktan sonra, her saksı tarla kapasitesinin % 60'ı düzeyinde nemlendirilmiştir. Bekleme süreleri boyunca, saksıların nem içerikleri

düzenli olarak kontrol edilmiş ve eksilen su tartılarak ilave edilmiştir.

2.3. Analiz Yöntemleri

Toprakta tekstür analizi Hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951) ile, tarla kapasitesi Klute (1986) yöntemiyle, toprak reaksiyonu ve EC 1:2.5 oranındaki toprak:su karışımında (U. S. Salinity Lab. Staff, 1954) belirtildiği şekilde yapılmıştır. Organik madde Walkley-Black ıslak yakma yöntemiyle (Nelson ve Sommers, 1982), toplam azot Kjeldahl yaş yakma yöntemiyle (Bremner, 1965), bitkiye yarayırlı fosfor Olsen ve ark. (1954), ekstrakte edilebilir potasyum nötr 1 N CH_3COONH_4 çözeltisi ile (Carson, 1980), ekstrakte edilebilir Fe, Zn, Cu, Mn ise 0.005 M DPTA ile Lindsay ve Norvell (1978)'e göre atomik absorpsiyon cihazında Kacar (2009) tarafından aktarılan yöntemlerle yapılmıştır.

Denemede kullanılan organik materyallerde pH ve EC 1:3 oranındaki organik materyal-saf su karışımında (Gabriels ve Verdonck, 1992), organik madde 550 ± 25 °C'de 4 saat süreyle yakılması ile Kacar (2009)'a göre; organik materyallerde bitki besin elementi analizleri Kacar ve Kütük (2010) tarafından aktarılan yöntemlerle yapılmıştır. Deneme sonunda elde edilen veriler JUMP paket programı kullanılarak varyans analizleri yapılmış ve önemli bulunan sonuçlar LSD testine göre değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprak ve organik materyallerin bazı kimyasal özellikleri

Araştırmada kullanılan toprak ve organik materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme toprağı kumlu tın tekstürlü, hafif alkalın ve tuzluluk sorunu bulunmamaktadır.

Alpaslan ve ark. (1998) tarafından verilen sınır değerleriyle karşılaştırıldığında; toprağın az miktarda (% 1-2) organik madde ve yeter miktarda (% 0.09-0.17) toplam N içerdiği, yarayırlı P miktarı ile az (2.5-8.0 mg kg⁻¹), ekstrakte edilebilir K çok az (< 50 mg kg⁻¹), Mn bakımından az (4-14 mg kg⁻¹), ekstrakte edilebilir Fe, Cu ve Zn bakımından fazla (>4.5; > 0.2; 2.4-8 mg kg⁻¹) olduğu belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan fındık zurufu nötr reaksiyona sahip olup tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Biyokömürün organik madde, ahır gübresinin toplam N içeriği daha yüksektir. Fındık zurufunun K ve Fe, ahır gübresinin ise P, Cu, Zn, Mn içeriklerinin diğerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan organik materyaller ve toprağın bazı kimyasal özellikleri

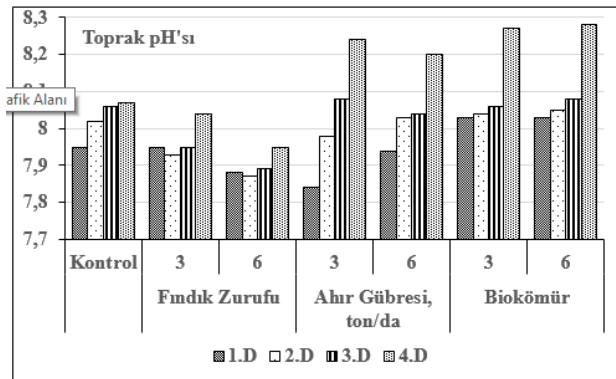
Materyal	$\mu\text{S m}^{-1}$		%		mg kg^{-1}					
	pH	EC	OM	N	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn
FZ	6.51	102	64.87	0.32	1045	29442	1701	16.3	467	51.4
AG	6.96	1168	58.34	1.09	1553	6133	1605	30.1	1144	132
BK	6.95	200	98.04	0.07	165	7302	377	17.2	66.2	75.9
Toprak	8.14	313	1.08	0.096	7.2	43.6	23.41	4.36	8.07	6.83

3.2. Organik materyallerin toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine etkisi

3.2.1. Toprak reaksiyonu

Farklı organik materyallerin 120 günlük inkübasyon süresi içerisinde toprak pH'sını genellikle arttırdığı ve inkübasyon süresinin istatistiki açıdan % 1 düzeyinde önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 1). En düşük toprak reaksiyonu AG ve FZ'nin 1.döneminde (7.91-7.92) en yüksek ise BK ile AG'nin 4.döneminde (8.21-8.17) gerçekleşmiştir.

Organik materyallerin toprak pH'sı üzerine etkisi de birbirinden önemli düzeyde ($p < 0.01$) farklı olmuş ve fındık zurufunda pH 7.96 iken ahır gübresinde 8.04 ve biyokömürde 8.07 olarak saptanmış olup; fındık zurufu uygulaması toprak pH'sını düşürmüştür. Organik materyallerin doz ortalaması tek başına toprak pH'sında önemli bir değişim sağlamamıştır. Dönem ile organik materyaller ve doz ($p < 0.05$, $p < 0.01$), organik materyaller ile doz ($p < 0.01$) arasında istatistiki bakımdan önemli ilişkiler belirlenmiştir. Uygulama dozuna göre değerlendirdiğimizde en düşük pH, fındık zurufunda (7.90) ve en yüksek ise BK'de (8.11) 6 ton da^{-1} uygulama düzeyinde saptanmıştır.



Şekil 1. Farklı organik materyallerin inkübasyon süresine göre toprak pH'sı üzerine etkisi

Farklı organik materyallerin genellikle toprakların pH'sını arttırdığı (Saha ve ark., 2010; Candemir ve Gülser, 2011; Gülser ve ark., 2015) bildirilmiş olup; Silva ve ark. (2010), bunun sebebinin toprağın yüksek

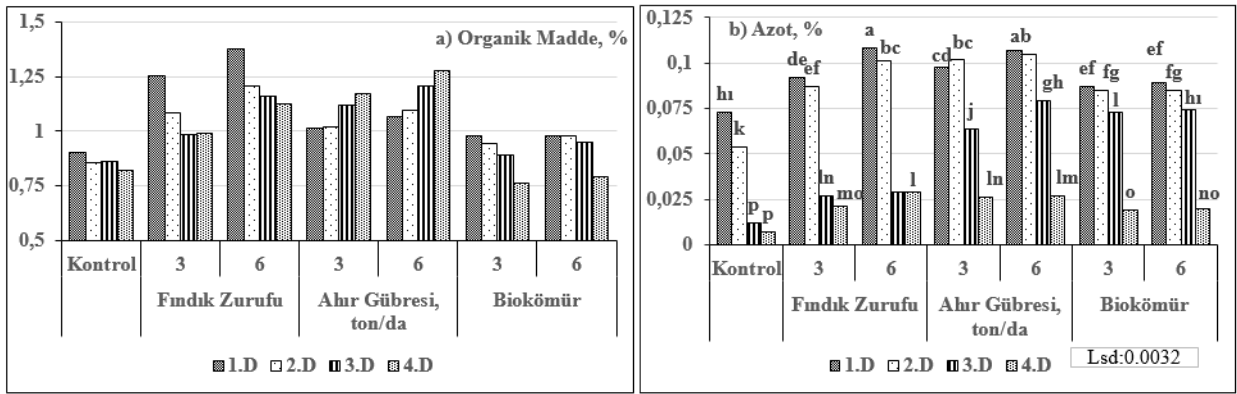
tamponlama kapasitesinin ve kompostun alkalik pH'sından kaynakladığını bildirmiştir. Xua ve ark., (2006), ise farklı bitkisel atıkların toprak pH'sını azalttığını, bu azalmanın sebebinin ise amonyum nitratın nitrifikasyonundan sonra açığa çıkan H^+ iyonlarından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Biyokömür uygulamalarının toprağın pH'sını artırdığı farklı araştırmacılar (Saygan ve Aydemir, 2016; Ergün, 2017; Mishra ve ark., 2017; Muhammed ve ark., 2017; Namli ve ark., 2017; Majeed ve ark., 2018) tarafından bildirilmiş olup; Qadeer ve ark. (2014), biyokömürün inorganik karbonatlar ve organik iyonlar sebebiyle hayli bazik olduğunu ve uygulandığında toprak pH'sını arttırdığını, kireç veya alkalik etkisiyle asidik topraklarda faydalı olabileceği (Abbasi ve Anwer, 2015) bildirilmiştir. Yine biyokömürün toprak çözeltisinde çözünebilir Ca, Mg ve K'un karbonat ve oksit tuzlarını içermesi sebebiyle pH'yı artırdığı Abu El-Eyuoan (2016) bildirmiştir. Yapılan araştırmalardan bazıları biyokömür uygulamalarının yüksek pH'lı toprakta önemli bir etkisinin olmadığını (Zhai ve ark., 2014; Soinne ve ark., 2014), diğer bir çalışmada ise inkübasyon sonunda pH'da düşüş olduğunu (Shenbgavalli ve Mahimairaja, 2012), araştırmacılar bu farklılığın biyokömür yapımında kullanılan materyalinin içeriğinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir (Topoliantz ve ark. 2002; Saygan ve Aydemir 2016).

3.2.2. Toprak organik maddesi ve toplam azot kapsamı

Toprağın organik madde içeriğinin inkübasyon süresiyle birlikte ahır gübresi hariç düzenli bir şekilde azaldığı ve inkübasyon süresi ile organik materyaller arasında % 5 düzeyinde önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir (Şekil 2a). En düşük toprak organik maddesi BK'nın 4. döneminde (% 0.79) en yüksek ise FZ'nin 1.döneminde (% 1.18) gerçekleşmiştir. Biyokömürün diğerlerine göre toprakta en düşük düzeyde organik madde birikimine neden olduğu belirlenmiştir. Organik materyallerin uygulama dozu arttıkça toprakların organik madde içeriklerinde düzenli ve önemli bir artış ($p < 0.01$) gözlenmiş olup, en yüksek artış FZ ve AG'nin 6 ton/da uygulama düzeyinde (% 1.22-1.16) en düşük ise kontrol düzeyinde (% 0.86) gerçekleşmiştir. Organik materyaller ile doz arasında önemli ($p < 0.01$) ilişkiler belirlenmiştir.

Farklı organik materyallerin toprakların organik madde içeriklerini arttırdığına dair fazla sayıda çalışmalar mevcuttur (Gülser ve ark., 2010; Lee, 2010; Silva ve ark., 2010; Gülser ve Candemir, 2012). Demir ve ark., (2006) fındık, çay ve tütün atıklarının; Özyazıcı ve ark. (2010), atık fındık zurufu ve zuruf kompostuyla beraber uygulanan klinoptilolit ve leonarditin; Gülser ve ark. (2015) kompost ve fındık zuruf kompostunun; Demise ve ark. (2014), Akça ve Namli (2015) ile Ergün (2017) farklı materyallerden elde edilen biyokömür uygulamalarının toprak organik maddesinde önemli miktarda artış sağladığını saptamışlardır. Turan ve ark., (2010) çiftlik gübresinin 3 uygulama dozu, kontrol ve NPK uygulamalarında, 4. yılda sera topraklarının

organik madde içeriğinde; Candemir ve Gülser (2011) ise inkübasyon süresi azaldıkça toprağın organik karbon içeriğinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Shepherd ve ark., (2002), toprağın organik madde kapsamının öncelikle iklim, toprak tekstürü ve drenaj durumu ile ilişkili olduğunu, kaba tekstürlü toprakların organik maddeyi daha az koruduğunu ve bu yüzden daha hızlı mineralize olduğunu bildirmişlerdir. Toprak OM'si üzerine BK uygulamasının pozitif ve negatif etkisinin C ve N döngüsünde etkili olan iklim, ürün deseni, gübreleme, toprak biyolojik karakteristiği gibi özellikler sebebiyle organik maddenin dinamiği ve transformasyonundaki farklılıktan olabileceği atfolunmuştur (Tian ve ark., 2016).



Şekil 2. Farklı organik materyallerin inkübasyon süresine göre toprak OM (a) ve azotu (b) üzerine etkisi

Toprakların toplam azot kapsamının 120 günlük inkübasyon süresi içerisinde dönemsel olarak düzenli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 2b). Uygulamaların ve uygulamalar arasındaki interaksiyonların tamamının istatistiksel bakımından % 1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ahır gübresi ve FZ'nun 1. döneminde topraklar yüksek miktarda azot içerirken (% 0.093-0.091), BK'ün 4.döneminde en düşük miktarda azot (% 0.015) içerdiği saptanmıştır. Organik materyallerin etkisi de birbirinden önemli düzeyde farklı olmuş ve ahır gübresinde % 0.063 iken biyokömürde % 0.056 ve fındık zurufunda % 0.053 olarak bulunmuştur. Organik materyallerin uygulama dozu arttıkça toprakların ortalama toplam azot kapsamı artış göstermiş olup, kontrolde en düşük (% 0.036) iken AG'nin 6 ton da⁻¹ uygulamasında en yüksek (% 0.08) miktarda gerçekleşmiştir.

Özenç ve Çaycı (2005), Okur ve ark. (2008), Saha ve ark. (2010), Özyazıcı ve ark. (2010), Ergün (2017), Namli ve ark. (2017), farklı organik gübre ve materyallerin toprakların toplam N içeriğini arttırdığını saptamışlardır. Candemir ve Gülser (2011), organik atıkların toprağın NO₃-N içeriğini fındık zurufu hariç kontrolün üzerinde arttırdığını, inkübasyon süresi uzadıkça NO₃-N içeriğinin önemli oranda azaldığını saptamışlardır. Karaca (2016), fındık zuruf kompostu uygulamasının fındık bahçesi topraklarının toplam N içeriğinin inkübasyon süresine bağlı olarak azaldığını bildirmiştir. Tian ve ark. (2016), biyokömürün

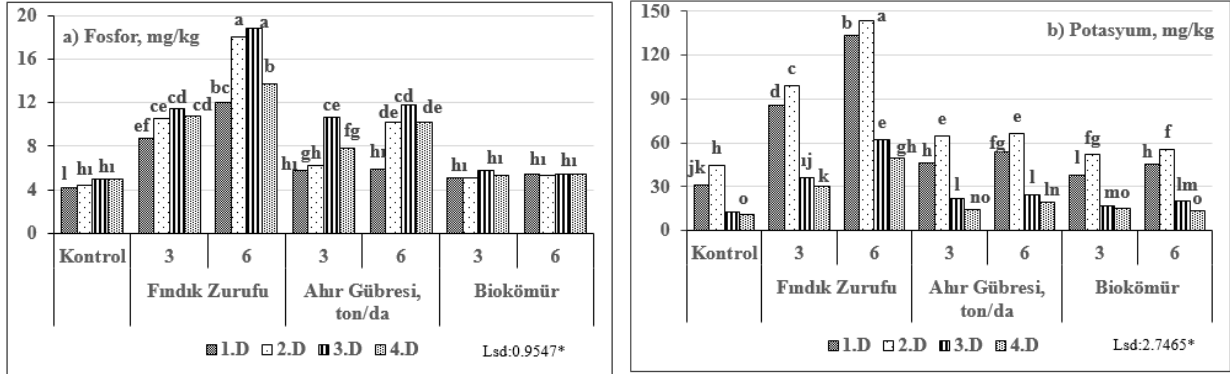
genellikle düşük miktarda inorganik N içerdiğini, aslında arazi çalışması sonuçlarının mineral gübrelerle beraber uygulandığında verim ve bitki gelişimine sinerjistik etkide bulunduğunu bildirmiştir.

3.2.3. Toprakların bitkiye yarayışlı fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum kapsamı

Toprakların bitkiye yarayışlı fosfor kapsamının 3. döneme kadar düzenli bir şekilde arttığı ve sonrasında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3a). Uygulamaların ve uygulamalar arasındaki interaksiyonların tamamının toprakların bitkiye yarayışlı fosfor kapsamı üzerine etkisinin istatistiksel bakımından % 1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Toprakta en düşük bitkiye yarayışlı fosfor miktarı, BK'nın 1. döneminde (4.91 mg kg⁻¹) ve en yüksek ise FZ'nin 3. döneminde (11.79 mg kg⁻¹) bulunmuştur. Organik materyaller birbiriyle karşılaştırıldığında FZ'nda 10.22, AG'sinde 7.24 ve BK'de 5.12 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Artan düzeylerde uygulanan organik materyaller toprağın bitkiye yarayışlı P kapsamında kontrole göre düzenli bir artış sağlamış olup; en yüksek P kapsamı 15.66-9.48-541 mg kg⁻¹ olarak FZ, AG ve BK şeklinde gerçekleşmiştir. Özenç ve Çaycı (2005), Hargreaves ve ark., (2009), Özyazıcı ve ark., (2010), Garcia ve ark., (2010) farklı organik materyallerin toprakların bitkiye yarayışlı P kapsamını arttırdığını; Turan ve ark. (2010) ise toprakların P kapsamının organik gübre

uygulanmasından 4 yıl sonra azaldığını bildirmişlerdir. Karaca (2016), fındık zuruf kompostu uygulamasının artan dozuyla birlikte toprakların bitkiye yararışlı P kapsamının arttığını; 6 aylık inkübasyon süresinden sonra ise azaldığını saptamıştır. Saygan ve Aydemir

(2016), Abu El-Eyuoon (2016), Ergün (2017), Rehman ve Razaq (2017) biyokömür uygulamalarının toprağın P kapsamını arttırdığını tespit etmişlerdir. Namli ve ark. (2017), tek başına tavuk altlığı biyokömürünün fındık kabuğu biyokömürüne göre toprağın alınabilir P



Şekil 3. Farklı organik materyallerin inkübasyon süresine göre toprakların P (a) ve K (b) kapsamı üzerine etkisi

kapsamını daha fazla artırdığını; 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 geçmesinin mümkün olabileceğini bildirmiştir. Organik materyallerin parçalanması sonucu açığa çıkan sitrat, oksalat, tartarat, malat ve malonat gibi organik anyonların demir ve alüminyum ile durağan bileşikler oluşturarak fosforun açığa çıkmasına yol açtığını, fakat mekanizmanın ayrıntılarının henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamadığı bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 2007).

Toprakların ekstrakte edilebilir potasyum kapsamının bütün uygulamalarda düzenli bir şekilde 2. döneme kadar arttığı ve sonrasında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3b). Toprakların ekstrakte edilebilir potasyum kapsamı ile diğer tüm özellikler ve interaksiyonlar arasında istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli ilişkiler belirlenmiştir. Toprakta en yüksek ekstrakte edilebilir potasyum, 2. dönemde FZ uygulamasından (95.8 mg kg^{-1}); en düşük ise 4. dönemde BK'den (13.4 mg kg^{-1}) elde edilmiştir. Organik materyaller birbiriyle karşılaştırıldığında fındık zurufu uygulaması ile toprakta potasyum 61.7 mg kg^{-1} ile en yüksek iken, AG'de 34.2 ve BK'de 29.7 mg kg^{-1} olarak gerçekleşmiştir. Yine doz artışına paralel olarak toprakta ekstrakte edilebilir potasyum miktarının arttığı, kontrolde 24.9 mg kg^{-1} iken FZ'nin yüksek uygulama dozunda 97.2 mg kg^{-1} olduğu saptanmıştır.

Organik materyal uygulamalarının toprakların potasyum kapsamlarını arttırdığına dair araştırmalar mevcuttur (Özenç ve Çaycı 2005, Hargreaves ve ark. 2009, Özyazi ve ark. 2010, Asri ve ark. 2013, Gülser ve ark. 2015). Karaca (2016), fındık zuruf kompostunun inkübasyon süresine bağlı olarak artan dozlarıyla birlikte toprakların K kapsamının azaldığını saptamıştır. Abu El-Eyuoon (2016), Ergün (2017),

Rehman ve Razaq (2017), biyokömür uygulamalarının toprağın K kapsamını arttırdığını tespit etmişlerdir. Namli ve ark. (2017), toprağa uygulanan biyokömürün toprağın değişebilir K kapsamını kontrole ve tek başına kimyasal gübre uygulamasına nazaran önemli düzeyde artırmış olmakla birlikte, bu artışın çok belirgin olmadığını bildirmiştir. Yooyen ve ark. (2015), artan düzeylerde uygulanan biyokömürün toprağın K ve P kapsamını kontrole göre arttırdığını belirlemiştir. Jha ve ark. (2016), artan biyokömür uygulama dozu ile toprağın K kapsamının arttığını, inkübasyonda 6 günden sonra 90. güne kadar hafif bir azalma eğiliminde olduğunu saptamışlardır.

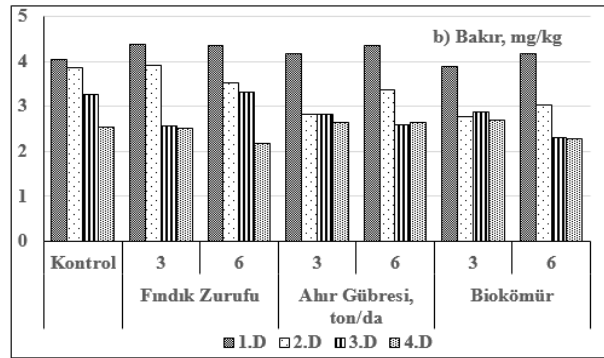
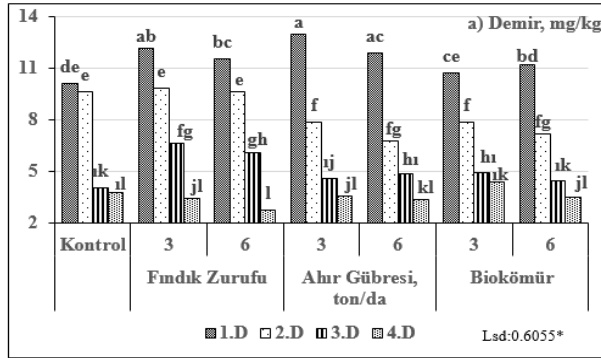
3.2.4. Toprakların ekstrakte edilebilir demir ve bakır kapsamı

Farklı organik materyallerin toprakların ekstrakte edilebilir Fe kapsamı üzerine etkisi inkübasyon süresiyle beraber azalmış ve bu ilişki % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 4a). Toprakta en yüksek ekstrakte edilebilir Fe, AG'nin 1. döneminde (11.7 mg kg^{-1}) ve en düşük ise ZF'nin 4. döneminde (3.3 mg kg^{-1}) belirlenmiştir. Fındık zurufu uygulandığında toprakların ekstrakte edilebilir Fe kapsamı 7.46 mg kg^{-1} iken AG'de 6.94 mg kg^{-1} , BK'de 6.80 mg kg^{-1} olarak belirlenmiş ve FZ'nin etkisinin diğerlerinden daha belirgin olduğu saptanmıştır. Organik materyallerin 3 kg da^{-1} uygulama dozundan sonra toprakların ekstrakte edilebilir Fe kapsamının azaldığı belirlenmiş ve bu etki önemsiz bulunmuştur.

Silva ve ark. (2010), Saha ve ark. (2010) ve Asri ve ark. (2013) organik materyal uygulamalarının toprakların bitkiye yararışlı Fe kapsamını arttırdığını saptamışlardır. Karaca (2016), fındık zuruf kompostunun artan dozlarıyla birlikte kumlu tınlı toprağın Fe kapsamının inkübasyonun 6. ayından sonra azaldığını, Ergün (2017) toprağın en yüksek alınabilir

Fe kapsamının biyokömür uygulamalarından elde edildiğini bildirmişlerdir. Ippolito ve ark. (2016), biyokömür uygulamalarının başlangıçta toprağın mikro element kapsamını attırdığını, fakat zaman içerisinde toprağın Fe ve Cu kapsamında azalmalar olduğunu bildirmiştir. Güzel ve ark. (1992), organik gübre

uygulanmasıyla toprak yapısının iyileştiğini, toprak havalanmasının daha iyi duruma gelmesiyle demirin yarıyışlılığının arttığını, fakat fazla miktarda mikrobiyal aktivitenin bir sonucu olarak üretilen yüksek düzeydeki CO₂'in HCO₃'a dönüşmesi ile de organik maddenin olumsuz etkide bulunabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 4. Farklı organik materyallerin inkübasyon süresine göre toprakların Fe (a) ve Cu (b) kapsamı üzerine etkisi ve en düşük ise BK'nın 4. döneminde (3.1 mg kg⁻¹) belirlenmiştir. Organik materyaller birbiriyle

Toprakların ekstrakte edilebilir bakır kapsamı inkübasyon sürelerine bağlı olarak genellikle azalma eğiliminde ve önemsiz düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4b). Toprakların ekstrakte edilebilir Cu kapsamı 2.41 ile 4.26 mg kg⁻¹ arasında bir değişim göstermiştir. Organik materyaller arasında da belirgin bir fark gözlenmemiş ve uygulama dozu arttıkça toprakların Cu kapsamında önemsiz düzeyde bir azalma gerçekleşmiştir. Ergün (2017) bizim sonuçlarla benzer şekilde, toprağın en düşük alınabilir Cu kapsamının biyokömür uygulamalarından elde edildiğini bildirmiştir.

Güneş ve ark. (2000), toprak çözeltisindeki bakırın büyük bir kısmının organik madde ile kompleks oluşturduğunu, diğer mikro elementlere göre bakırın organik maddeye daha sıkı bağlandığını ve bu durumun toprakta bakırın hareketini ve alınımını önemli ölçüde etkilediğini, inorganik değişim bölgelerinin de bakırın sıkı bir şekilde tuttuğunu; Kacar ve Katkat (2007) ise toprak sıcaklığının mobilizasyon ve immobilizasyon tepkimeleri ile bakırın çözünürlüğünü nasıl etkilediği konusunda yeterli bilgi bulunmadığını bildirmişlerdir. Karaca (2016), fındık zuruf kompostunun artan dozlarıyla birlikte toprağın Cu kapsamının genellikle arttığını, inkübasyon süresiyle birlikte azaldığını bildirmiş olup; Hargreaves ve ark. (2009) ile Saha ve ark. (2010) toprakların bitkiye yarıyışlı Cu kapsamını arttırdığını belirlemişlerdir.

3.2.5. Toprakların ekstrakte edilebilir çinko ve mangan kapsamı

Organik materyallerin toprakların ekstrakte edilebilir çinko kapsamı üzerine etkisi, inkübasyon süresi arttıkça istatistikî bakımdan önemsiz düzeyde azalmıştır (Şekil 5a). Toprakta en yüksek ekstrakte edilebilir Zn, AG'nin 1. döneminde ve 6 ton uygulama dozunda (7.5 mg kg⁻¹)

karşılaştırıldığında toprakta en yüksek Zn kapsamı FZ ve AG uygulamasında olup, BK'da en düşük (5.43-5.31-4.79 mg kg⁻¹) ve önemli düzeyde (p < 0.01) gerçekleşmiştir. Uygulama dozu arttıkça FZ ve AG'de toprakların çinko kapsamı artmış, BK uygulamasında ise azalmıştır.

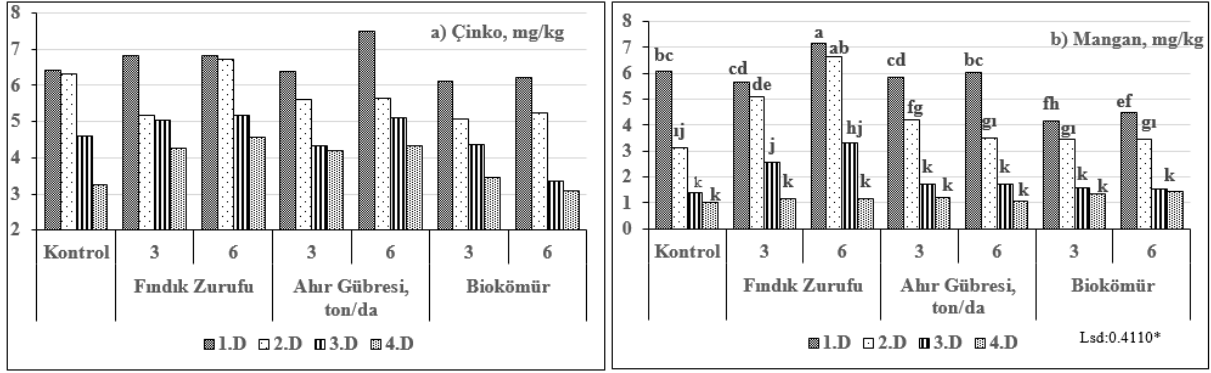
Hargreaves ve ark. (2009), Saha ve ark. (2010), Asri ve ark. (2013) organik gübre ve kompost uygulamalarının toprakların ekstrakte edilebilir Zn kapsamını arttırdığını; Silva ve ark. (2010) ise kimyasal gübresiyle birlikte artan dozlarda uygulanan organik gübre uygulamalarının bitki hasadından sonra toprağın Zn kapsamını düzensiz bir şekilde etkilediğini saptamışlardır. Karaca (2016), fındık zuruf kompostunun artan dozlarıyla birlikte kumlu tınlı toprağın Zn kapsamının düzensiz bir şekilde genellikle arttığını; inkübasyon süresiyle birlikte azaldığını bildirmiştir. Kacar ve Katkat (2007), organik maddenin çinkonun difüzyon oranını artırarak bitkiler tarafından alınmasını arttırdığını, mikrobiyal aktivite sonucu açığa çıkan çözünebilir kilyet bileşiklerini oluşturan çinkonun bitki kökleri tarafından alınımının arttığını belirtmişlerdir.

Toprakların ekstrakte edilebilir Mn kapsamı, inkübasyon süresiyle birlikte azalma eğiliminde olmuştur. Uygulamaların ve uygulamalar arasındaki etkileşimlerin tamamının toprakların ekstrakte edilebilir Mn kapsamı üzerine etkisinin istatistikî bakımdan % 1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Fındık zurufu uygulamasının 30 günlük inkübasyon süresinde ve yüksek dozunda toprağın Mn kapsamı 7.14 mg kg⁻¹ iken kontrolde ve 4. dönemde 1.04 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Organik materyaller içerisinde doz artışının etkisi FZ'de önemli düzeyde belirgin iken (2.92-4.57 mg kg⁻¹) AG'de önemsiz (2.92-3.25 mg kg⁻¹)

olmuş, BK'de ise kontrole göre bir azalma (2.92-2.64 mg kg⁻¹) görülmüştür.

Silva ve ark. (2010) ile Saha ve ark. (2010) kimyasal ve organik gübreye birlikte toprağın Mn kapsamının kontrolün üzerinde arttırdığını; Karaca (2016) ise fındık zuruf kompostunun artan dozlarıyla birlikte kumlu tınlı toprağın Mn kapsamının düzensiz bir şekilde genellikle

arttığını; inkübasyon süresiye birlikte toprakta 9.aya kadar arttığını bildirmiştir. Kacar ve Katkat (2007) toprağa organik materyallerin uygulanması durumunda basit alifatik asitler, hidroksamat sideroforlar, fenoller ve fenolik asitler, kompleks polimerik fenoller, humik ve fulvik asitler gibi durağan humus komponentleri gibi



Şekil 5. Farklı organik materyallerin inkübasyon süresine göre toprakların Zn (a) ve Mn (b) kapsamı üzerine etkisi

kilyet oluşturuvcu bileşiklerin oluştuğu ve bu kilyet oluşturuvcu bileşiklerin Fe ve Mn'ı bitkilere yararışlı hale getirdiğini belirtmişlerdir. Güzel ve ark. (1992), gelişme mevsimi sırasında toprak sıcaklığının artmasıyla kimi bitkilerde Mn absorpsiyonunun iyileştiğini, bunun nedeni olarak da bitki gelişmesinin ve kök aktivitesinin daha fazla olması ile ilişkilendirilebileceğini bildirmişlerdir.

4. Sonuç

Organik materyal uygulamaları inkübasyon sürelerine bağlı olarak toprakların OM, N, Fe, Cu, Zn ve Mn kapsamlarını azaltırken; toprakların P kapsamı 90 günlük, K kapsamı ise 60 günlük inkübasyon süresi sonunda azalmıştır. Organik materyallerin uygulama dozu arttıkça toprakların N, P, K ve OM kapsamı artarken; toprakların mikro element kapsamı üzerine etkisinin ise genellikle düzensiz olduğu saptanmıştır. Fındık zurufu uygulaması toprakların pH'sı ile N kapsamı hariç, diğer organik materyallere göre toprakların bazı makro ve mikro besin element kapsamlarını daha fazla arttırmış olup; biyokömürün en düşük etkiye sahip olduğu ve sadece toprak pH'sında önemli düzeyde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Biyokömürdeki bu az etkinin ayrışma süresinin yetersizliğiyle ilgili olabileceği, pH'daki değişimin ise asit reaksiyonlu topraklarda daha belirgin olabileceği kanısına varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri (AP-1711 nolu proje) kapsamında desteklenmiş olup katkılarından dolayı üniversitemize teşekkür ederiz.

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.
- Abu El-Eyuon Abu Zied Amin., 2016. Impact of corn cob biochar on potassium status and wheat growth in a calcareous sandy soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 47 (17): 2026-2033. doi: 10.1080/00103624.2016.1225081.
- Akça, M.O., Namlı, A., 2015. Effets of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper, and lettuce plants growth. Eurasian J. of Soil Sci. 4 (3):161-168. doi: http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2015.3.161-168.
- Alpaslan, M., Güneş, A., İnal, A., 1998. Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1501, Ders Kitabı: 455. s:56, Ankara.
- 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.
- Aygün, S., 2015. Fındık zurufu kompostunun toprak kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 91s, Ordu.
- Bender Özenç, D., 2005. Usage of hazelnut husk compost as a growing medium. Proceedings of the Sixth International Congress on Hazelnut, Tarragona-Reus, Spain, Acta Hort., 686: 309-314.
- Biröl, Y., Bender Özenç, D., 2011. Fındık zuruf kompostunun sıkıştırılmış killi tınlı bir toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkisi. Prof. Dr. Nuri Munsuz Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu, 25-27 Mayıs, 77-85, Ankara.

- Bremner, J.M., 1965. *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. Ed.C.A.A. Black. Amer. Soc. Agr. Inc.Pub. Agron. Series. No:9. Madison, U.S.A.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Candemir, E., Gülser, C., 2011. Effects of different agricultural wastes on soil quality index of clay and loamy sand fields. *Commun. Soil Sci.Plant Analysis* 42 (1): 13-28. doi: 10.1080/00103624.2011.528489.
- Carson, P.L., 1980. Recommended potassium test. Nort Central Regional Publication No: 221. North Dakota State University, Fargo, USA.
- Çalışkan, N., Koç, N., Kaya, A., Şenses, T., 1997. Compost production from hazelnut husk. Fourth Int. Sym. Hazelnut, Acta Hort. 445 ISHS, 1997.
- Demir, Z., Gülser, C., Candemir, F., İç, S., 2006. Organik toprak düzenleyiciler olarak fındık zuru ve tütün atıklarının toprağın bazı kimyasal özelliklerine etkileri. *Türkiye 3. Organik Tarım Sempozyumu, Bildiriler Kitabı: 542-550, 1-4 Kasım 2006, Yalova*.
- Demisie, W., Liu, Z., Zhang, M., 2014. Effect of biochar on carbon fractions and enzyme activity of red soil. *Catena*, 121: 214-221. doi: 10.1016/j.catena.2014.05.020.
- Dias, B.O., Silva, C.A., Higashikawa, F.S., Roig, A., Sanchez-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. doi: 10.1016/j.biortech.2009.09.024.
- Ergün, Y.A., 2017. Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelere, CO₂ üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 64s, Ordu*.
- Gabriels, R., Verdonck, O., 1992. Method for measuring the water release curve of organic substrats. *Proc. Sym. Artificial Media in Horticulture*, 2054-2062.
- Garcia, S., Rodriguez, J., Vera, J., Schrevens, E., 2010. Effect of compost application on soil chemical and biological properties under potato crop in the Mantaro Valley Peru. *Anadolu Tarım Bil. Der.*, 25 (2): 89-93.
- 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 Fert.of Soils*, 35: 219-230. doi:10.1007/s00374-002-0466-4.
- Gülser, C., Demir, Z., İç, S., 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology* 31: 671-674.
- Gülser, C., Candemir, F., 2012. Changes in penetration resistance of a clay field with organic waste application. *Eurasian Journal of Soil Science*, 1: 16-21.
- 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 and Utilization*, 23: 135-141. doi:10.1080/1065657X.2015.1013584
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., 2000. Bitki besleme ve gübreleme. Ankara Ü. Ziraat F. Yayın No: 1514, Ders kitabı: 467, 576s, Ankara.
- Güzel, N., Gülüt, K.Y., Tuli, A., İbrikçi, H., Ortaş, İ., 1992. Toprakta bulunan mikroelementlerle diğer faydalı elementler ve bunların gübre bileşikleri. *Çukurova Ü. Ziraat F. Genel Yayın No: 48, 144s, Adana*.
- Grewelling, T., Peech, M., 1960. *Chemical Soil Tests*. Cornell University. Agr. Expt. Station Bull.
- Hagrees, J. C., Adl, M. S., Warmon, T. R., 2009. The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Science&Utilization*, 17 (2): 85-94. doi: 10.1080/1065657X.2009.10702406.
- Ippolito, J.A., Stromberger, M.E., Lentz, R.D., Dungan, R.S., 2016. Hardwood biochar and manure co-application to a calcareous soil. *Chemosphere*, 142: 84-91. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.05.039.
- İslam, E., 2016. Fındık zuru kompostunun toprak mekaniksel özellikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 60s, Ordu*.
- Jeffery, S., Verheijen F.G.A., Van der Velde, M., Bastos A.C., 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems Environment* 144 (1), 175-187. doi:10.1016/j.agee.2011.08.015.
- Jha, 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.
- Jia, J., LI, Bo., Chen, Z., Xie, Z., Xiong, Z., 2012. Effects of biochar application on vegetable production and emissions of N₂O and CH₄. *Soil Science and Plant Nutrition*, 58, 503-509. https://doi.org/10.1080/00380768.2012.686436.
- Kacar, B., Katkat, A.V., 2007. Bitki besleme. Nobel Yayın No:849, Üçüncü baskı, 659s, Ankara.
- Kacar, B., 2009. Toprak analizleri. Nobel Yayın No: 1387, 467s, Ankara.
- Kacar, B., Kütük, C., 2010. Gübre analizleri. Nobel Yayın No: 1497, Birinci baskı, 382s, Ankara.
- Karaca, E., 2016. Fındık zuru kompostunun toprakların ve fındık bitkisi yapraklarının besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans*

- Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 80s, Ordu.
- Klute, A., 1986. Water retention. Laboratory methods. In: Methods of soil analysis, Part II, ASA-SSSA, Madison, WI, 635-662.
- Lee, J., 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Horticulturae*. 124 (3): 299-305. doi:10.1016/j.scienta.2010.01.004.
- Lehmann, J., Rondon, M., 2006. Biochar soil management on highly weathered soils in the humid tropics. In: N. Uphoff et al. (eds.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. Florida: CRC Press, Taylor and Francis Group. p. 517-530.
- Lehmann, J., 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5 (7): 381-387. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[381:BITB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[381:BITB]2.0.CO;2).
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizao, F.J., Petersen, J., Neves, E.G., 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal* 70: 1719-1730. doi:10.2136/sssaj2005.0383.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Sohi, S., Thies, J.E., Skjemstad, J.O., Luizao, F.J., Engelhard, M.H., Neves, E.G., Wirrick, S., 2008. Stability of biomass-derived black carbon in soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 72: 6096-6078.
- Lindsay, W.L., Norvell, M.A., 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- Majeed, A. J., Dikici, H., Demir, Ö.F., 2018. Effect of biochar and nitrogen applications on growth of corn (*Zea mays l.*) plants. *Turkish J. of Agriculture-Food Science and Technology*, 6 (3): 346-351. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i3.346-351.1746>.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S.J. and Lehmann, J., 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil*, 333 (1-2): 117-128. doi:10.1007/s11104-010-0327-0.
- McClellan, A.T., Deenik, J., Uehara, G., and Antal, M., 2007. Effects of flashed carbonized macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. 80 (100), 120. [https://www.ctahr.hawaii.edu/deenikj/Downloads/Research2014/pdf](https://www.ctahr.hawaii.edu/deenikj/Downloads/Research2014/pdf/deenikj/Downloads/Research2014/pdf)
- McLaughlin, H., Anderson, P.S., Shields, F.E. and Reed, T.B., 2009. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. *Proceedings of the North American Biochar Conference*, Boulder, Colorado, 8/2009. www.biochar-international.org/sites/default/files/All-Biochars-Version2--Oct2009.pdf
- Mishra, A., Taing, K., Hall, M.W. Shinogi, Y., 2017. Effects of rice husk and rice husk charcoal on soil physicochemical properties, rice growth and yield. *Agricultural Sciences*, 8: 1014-1032. doi.org/10.4236/as.2017.89074.
- Muhammed, N., Aziz, R., Brookes, P.C., Xu, J., 2017. Impact of wheat straw biochar on yield of rice and some properties of Psammaquent and Plinthudult. *J. of Soil Science and Plant Nutrition*, 14 (3): 808-823.
- 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.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Methods of Soil Analysis, Total carbon, organic carbon and organic matter, in: A.L. Page (Ed.), Part 2, ASA, SSSA, Madison, WI, USA. pp. 539-580
- Okur, M., Kayıkçıoğlu, H. H., Okur, B., Delibacak, S., 2008. Organic amendment based on tobacco waste compost and farmyard manure: Influence on soil biological properties and butter-head lettuce yield. *Turkish J. Agric. Forestry*. 32: 91-99.
- Özenç, N., 2004. Fındık zürufu ve diğer organik materyallerin fındık tarımı yapılan toprakların özellikleri ve ürün kalitesi üzerine etkileri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 399s, Ankara.
- Özenç, N., Çaycı, G., 2005. The effects of hazelnut husk and other organic materials on hazelnut yield some soil properties and quality. *Acta Horticulturae*. 686: 297-307.
- Özyazıcı, G., Özdemir, O., Özyazıcı, M. A., Üstün, G. Y., Turan, A., 2010. Bazı organik materyallerin ve toprak düzenleyicilerin organik fındık yetiştiriciliğinde verim ve toprak özellikleri üzerine etkileri. *Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu Bildiri Kitabı*: 368-372, Erzurum.
- Qadeer, S., Batool, A., Rashid, A., Khalid, A., Samad, N., Ghufra, M.A., 2014. Effectiveness of biochar in soil conditioning under simulated ecological conditions. *Soil & Environment* 33: 149-158.
- Rehman, H.A. and Razaq, R., 2017. Benefits of biochar on the agriculture and environment. *Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 4:3. doi:10.41722380-2391.1000207
- Saha, S., Gopinath, K.A., Mina, B.L., Kundu, S., Bhattacharaya, R., Gupta, S., 2010. Expression of soil chemical and biological behavior on nutritional quality of aromatic rice as influenced by organic and mineral fertilization. *Commun. Soil Sci. & Plant Anal.*, 41 (15): 1816-1831. doi: 10.1080/00103624.2010.492439.
- Saygan, E.P., Aydemir, S., 2016. Harran ovası kireçli killi toprak özellikleri üzerine antepfıstığı dış kabuğu biyokömür uygulamasının etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20 (4): 301-312.
- Shenbagavalli, S., Mahimairaja, S., 2012. Characterization and effect of biochar on nitrogen and carbon dynamics in soil. *I.J.A.B.R.*, Vol 2 (2) 2012: 249-255 ISSN: 2250-3579.

- Shepherd, M. A., Harrison, R. Webb, T., 2002. Managing soil organic matter applications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18: 284-292. doi: 10.1079/SUM2002134.
- Silva, M.A.G., Roque, S.A.T., Muniz, A.S., Marchetti, M.E., Matta, J.D.V., Pelisson, N., 2010. Efficiency of organic compost from agri-industrial wastes as fertilizer for corn and wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis*, 41 (21): 2517-2531. doi: 10.1080/00103624.2010.514371.
- Soinne, H., Hovi, J., Tammeorg, P., Turtola, E., 2014. Effect of biochar on phosphorus sorption and clay soil aggregate stability. *Geoderma*, 219-220. 162-167. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.12.022>
- Tian, J., Wang, J., Dippold, M., Gao, Y., Blagodatskaya, E., Kuzyakov, Y., 2016. Biochar affects soil organic matter cycling and microbial functions but does not alter microbial community structure in a paddy soil. *Science of the Total Environment* 556: 89-97. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.010>.
- 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.
- Turan, A., Ruşen, M., İslam, A., Kurt, H., Ak, K., Sezer, A., Sarioğlu, M., Kalyoncu, İ.H., Kalkışım, Ö., 2010. Giresun koşullarında organik fındık üretim imkanlarının araştırılması. Türkiye 4. Organik Tarım Sempozyumu: 123-129.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA. *Agricultural Handbook*, No:60.
- Xua, J.M., Tang, C., Chan, Z.L., 2006. The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH. *Soil Biology and Biochemistry* 38 (4): 709-719. doi:10.1016/j.soilbio.2005.06.022.
- Warnock, D.D., Lehmann, J., Kuyper, T.W., Rillig, M.C., 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil-concepts and mechanisms. *Plant Soil*, 300: 9-20. doi:10.1007/s11104-007-9391-5.
- Yooyen, J., Wijitkosum, S., Sriburi, T., 2015. Increasing yield of soybean by adding biochar. *Journal of Environmental Research and Development*, 9 (4): 1066-1074.
- Zhai, L., Caiji, Z., Liu, J., Wang, H., Ren, T., Gai, X., Xi, B., Liu, H., 2014. Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities. *Biol. Fert. Soils*, 51: 113-122. doi: 10.1007/s00374-014-0954-3.
- Zhang, A.F., Cui, L.Q., Pan, G.X., Li, L., Hussain, Q., Zhang, X., Zheng, J., Crowley, D., 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 139: 469-475. doi:10.1016/j.agee.2010.09.003.
- Zeytin, S., Baran, A., 2003. Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils. *Bioresource Technology*, 88 (3): 241-244. doi: 10.1016/S0960-8524(03)00005-1.