



Biyokömür ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin gelişimi ve kimyasal gübreden yararlanma oranına etkileri

Moustapha Maman Mounirou *, Emre Can Kaya,
 Abdoul-Rasmane Ouedraogo, Köksal Demir, Aydın Güneş, Ali İnal

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

Özet

Bu çalışmanın amacı, farklı inorganik gübre (%100, %50 ve %0 İG) düzeylerinde keçi gübresi (KG, 5 t ha⁻¹) ve bundan elde edilen biyokömür (BK, 10 t ha⁻¹) uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının soğan bitkisinin gelişimi ile inorganik gübreden (İG) yararlanma düzeylerine etkisini belirlemiştir. Bu amaçla; 2018 ilkbaharında taze soğan (Metan 88) bitkisi yetiştirilmiş ve deneme sonunda ortalama bitki yaş ve kuru ağırlığı, toplam verim, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları belirlenmiştir. Deneme alanında, %100 İG, BK ve BK+KG uygulamalarıyla N içeriği, İG uygulanmayan bitkilerde tüm organik gübre uygulamalarıyla P içeriği, BK ve BK+KG uygulamalarıyla K, Ca ve Mg içeriği artış göstermiştir. BK uygulaması tek başına bitki Fe ve Cu içeriklerini önemli düzeyde azaltmış, İG uygulamaları Zn içeriğini artırmıştır. BK ve BK+KG uygulamaları bitki Mn içeriğini önemli düzeyde artırmıştır. Sonuç olarak BK ve KG'nin birlikte uygulamasının verim ve verim öğeleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, organik gübre, inorganik gübre, soğan.

Effects of biochar and organic fertilizer applications on the growth and chemical fertilizer use efficiency of onion plant

Abstract

The aim of this study is to determine the combined effects of goat manure (GM, 5 t ha⁻¹) and its biochar (BC, 10 t ha⁻¹) on fertilizer use efficiency under different ratios of inorganic fertilizer (IF, 100%, 50% and 0%) of onion plant and also on their growth and development. For this purpose, trials have been carried out with green onions (cv. Metan 88) in the spring of 2018 and after the experiment, the average fresh and dry weight, total yield, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Mn concentrations of plants measured. Results showed that the yield components of the plant weight and total yield were significantly increased only in BC+GM treatment. N concentrations of onion plants were increased by 100% IF, BC and BC+GM treatments, while K, Ca and Mg concentrations were increased BC and BC+GM treatment in which IF not applied. Conclusively, BC+GM combination was found to be the best practice among the treatments studied regarding the onion plant.

Keywords: Biochar, organic manure, inorganic fertilizer, onion.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Günümüzde küresel iklim değişikliği etkisi ve artan enerji giderlerine karşı, organik atıklardan gübre ve enerji elde edilmesi güncel ve öncelikli çalışma konuları arasında yer almaktadır. Öte yandan, dünya nüfusu hızla artmakta ve beslenme şekillerinin neden olduğu gıda gereksinimindeki artış ve ekilebilir tarım arazilerinin azalması sebebiyle, birim alandan daha fazla ürün alınması gerekmektedir, bu nedenle gübrelerin gelecekte sürdürülebilir tarımın en önemli girdilerinden biri olduğu görülmektedir (Eraslan ve ark., 2010). Hayvan gübrelerinin işlenmesi ve tarım alanlarına kazandırılması açısından yeni teknolojilerin geliştirmesi zorunluluk haline gelmiştir. Geliştirilmesi beklenen bu teknolojiler ile hayvan gübrelerinde kokunun ve atmosfere salınan gazların azaltılması, hastalık ve zararlı etmenlerden arındırılması ve bileşiminde bulunan besin maddelerinden en üst düzeyde yararlanmaya olanak sağlanması gerekmektedir (Gunes, 2012). Çiftlik hayvanlarına ait gübreler herhangi bir işlem görmeden veya aerobik ve anaerobik ortamlarda kompostlanarak işlenmek suretiyle tarım alanlarına uygulanmaktadır. Ancak bu organik madde kaynakları

* Sorumlu yazar:

Tel. : +227 98 17 17 36

E-posta : mounirhalifa@yahoo.fr

Geliş Tarihi : 18 Mayıs 2020

Kabul Tarihi : 10 Haziran 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.757008](https://doi.org/10.33409/tbbbd.757008)

yarı-kurak ve kurak iklim koşullarında kısa sürede ayrışmakta ve atmosfere yüksek düzeyde CO₂ salınımı yapmaktadır (Fearnside, 2000). Bu sebeple kurak ve yarı-kurak iklim koşullarının görüldüğü alanlarda atmosfere daha az CO₂ salınımına neden olan, ayrışmaya dayanıklı, organik karbon içeriği yüksek, piroliz edilmiş organik kütlelerin kullanımı önem kazanmaktadır. Hayvan gübrelerinin piroliz ile biyokömüre dönüştürülmesinin doğrudan uygulamaya göre pek çok olumlu yönü bulunmaktadır. Tarımsal atıkların piroliz ile hacimleri azalmakta, patojen riskleri azalmakta, topraklarda karbon stabilizasyonu sağlanmakta ve atmosfere gaz emisyonları azalmaktadır (Wang ve ark., 2012).

Biyokömür, organik biyokütlenin havasız ya da az hava içeren ortamda yakılması sonucu elde edilen karbonca zengin ve ayrışmaya dayanıklı bir materyaldir. Diğer bir deyişle, organik maddenin düşük oksijen koşullarında, nispeten düşük sıcaklıkta (250-900°C) termal dekompozisyonu olarak tanımlanmaktadır. Biyokömür elde edilirken yapılan bu işleme piroliz denilmektedir. Diğer bir ifadeyle, her türlü organik atığın oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıkta ısıtılarak termal parçalanma ile katı, sıvı veya gaz ürünlere dönüşmesine piroliz denilmektedir. Biyokömürün fizikokimyasal özellikleri kullanılan ham maddelere ve piroliz koşullarına bağlı olarak önemli boyutlarda değişiklik göstermektedir.

Biyokömürün topraklara uygulanması insanlar tarafından binlerce yıldır bilinen bir uygulamadır. Amazonlarda bulunan ve bu yöntemle C ile zenginleştirilmiş "Terra Preta (siyah topraklar)" ların verimliliğinin yüksek oluşu birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir (Glaser ve ark., 2001). Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de, atmosferdeki CO₂'yi toprağa bağlayan, gaz salınımını azaltan ve toprak özelliklerini iyileştiren bir materyal olarak biyokömüre verilen önem ve farkındalığın artması gerekmektedir.

Biyokömür toprak verimliliğini artıran bir toprak düzenleyicidir (Lehmann ve ark., 2011). Dünyada, bilim insanları tarafından biyokömüre olan ilginin düzeyi, özellikle son yıllarda yürütülen çalışmaların yoğunluğundan anlaşılmaktadır. Biyokömürün bitkilere besin maddesi sağlama kapasitesi (Gaskin ve ark., 2010), topraklarda besin maddesi yarayışlılığı üzerine etkisi (Chan ve ark., 2008; Laird ve ark., 2010), biyokömürün elde edildiği materyal ve piroliz sıcaklığı gibi faktörler ile yakından ilişkilidir (Gunes ve ark., 2015; Novak ve ark., 2009). Yapılan çalışmalarda, biyokömürün toprağa karıştırıldıktan sonra zaman içerisinde bitki gelişimini iyileştirici yönde önemli etkiler yaptığı ifade edilmiştir (Cheng ve ark., 2006; Major ve ark., 2010). Bitki besin maddelerini inorganik formda içeren kimyasal gübreler, toprak özelliklerine, uygulama dozu ile yöntemine ve yağışa bağlı olarak topraklarda tutulmakta veya bitkilerin kök bölgesinden uzaklaşarak çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Organik materyallerin toprak verimliliği üzerine olan olumlu etkilerinden yararlanılarak inorganik gübre ile organik madde bileşiminde üretilen organo-mineral gübreler, bir yandan besin maddelerinin fiksasyonunu azaltırken (Wang ve ark., 2012; Gunes ve ark., 2014) diğer yandan da inorganik gübrelerin etkinliklerini artırarak kullanım miktarlarını azaltabilmektedir.

Son yıllarda tarımsal kullanım potansiyeli önem kazanan ve daha durağan bir yapıya sahip olan biyokömürün uygulanmasıyla, organik gübrelere benzer faydalı etkilerle bitkisel üretimde artış sağlandığı bilinmektedir. Biyokömürün tek başına kullanılması yerine organik gübre ile birlikte verilmesinin daha yararlı olduğuna yönelik çalışmalara rastlanmaktadır (Schulz ve Glasser, 2012; Doan ve ark., 2015; Kurt, 2016; Mayola ve ark., 2017; Qayyum ve ark., 2017; Dodor ve ark., 2018; Antonious, 2018; Oldfield ve ark., 2018; Adekiya ve ark., 2019; Manolikaki ve Diamadopoulou, 2019).

Bu çalışmada arazi koşullarında keçi gübresi ve bundan elde edilen biyokömürün ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının soğan bitkisinin gelişimi ile kimyasal gübreden yararlanma düzeylerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Biyokömürün hazırlanması

Biyokömür geleneksel yöntemlerle elde edilmiş olup bu amaçla ağzı kapatılabilen çelik sacdan yapılmış silindirik yakma kovası kullanılmıştır. Bu kovaya her seferinde 5 kg keçi gübresi konulmuş, kova yatay konumdayken altında odun ateşi yakılmış ve 30 dakikada bir döndürülerek toplam 3 saat yakma işlemine tabii tutulmuştur. Üç saat sonunda kova ateşten indirilerek oda sıcaklığına geldiğinde ağzı açılmıştır. Yakma işlemi öncesinde ve sonrasında materyaller tartılmış ve biyokömür verimi hesaplanmıştır.

$$\text{Biyokömür verimi (\%)} = \frac{2686 \text{ (g)}}{4820 \text{ (g)}} * 100 = 55.72 \sim \%56$$

Toprak, keçi gübre ve biyokömürde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler

Deneme alanında alına toprak örneği hava kuru duruma getirildikten sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprakta pH (Jackson, 1958), EC (Richards, 1954), kireç (Bouyoucos, 1951), organik madde (Jackson, 1958), bünye (Anonymous, 1951), toplam azot (Bremner, 1965), yarıyıllı fosfor (Olsen ve ark., 1954) ve değişebilir K (Pratt, 1965) analizleri yöntemlerde belirtildiği şekilde yapılmıştır. Ayrıca atomik absorpsiyon spektrofotometresinde değişebilir Ca, Mg ile yarıyıllı Fe, Zn, Cu ve Mn belirlemeleri yapılmıştır (Isaac ve Kerber, 1971). Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Miktar	Özellik	Miktar
pH, (1:2.5 toprak : su)	7.96	Değişebilir K (mg kg ⁻¹)	791
EC μ S cm ⁻¹ (1:2.5 toprak : su)	449.0	Değişebilir Ca (mg kg ⁻¹)	5100
Kireç CaCO ₃ , (g kg ⁻¹)	66.3	Değişebilir Mg (mg kg ⁻¹)	1853
Organik madde (g kg ⁻¹)	30.46	Yarıyıllı Fe (mg kg ⁻¹)	8.73
Tekstür	Kumlu killi tin	Yarıyıllı Zn (mg kg ⁻¹)	4.02
Toplam N (g kg ⁻¹)	1.63	Yarıyıllı Cu (mg kg ⁻¹)	2.06
Yarıyıllı P (mg kg ⁻¹)	92.6	Yarıyıllı Mn (mg kg ⁻¹)	22.6

Keçi gübresi ve biyokömürde pH, EC (1:10), toplam N (Bremner, 1965) analizleri yapılmıştır. Ayrıca yaş yakma işlemi (4 HNO₃:1 HClO₄) ile ekstrakte edilen keçi gübresi ve biyokömürde toplam P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn belirlemeleri yapılmıştır (Isaac ve Kerber, 1971). Tarla denemesinde kullanılan keçi gübresi ve keçi gübresinden elde edilen biyokömüre ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Keçi gübresi ve biyokömürün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Keçi gübresi	Biyokömür
pH, (1:10 w/v)	9.22	12.2
EC, mS cm ⁻¹ (1:10 w/v)	16.3	26.0
Organik Madde (OM), %	65.9	41.3
Kül, %	34.1	58.7
Toplam Karbon (C), g kg ⁻¹	273	281
Toplam Azot (N), g kg ⁻¹	26.8	17.8
C/N	10.2	15.8
Toplam Fosfor (P), g kg ⁻¹	8.46	15.9
Toplam Potasyum (K), g kg ⁻¹	34.5	69.4
Toplam Kalsiyum (Ca), g kg ⁻¹	41.7	64.7
Toplam Magnezyum (Mg), g kg ⁻¹	9.25	12.59
Toplam Demir (Fe) mg kg ⁻¹	5103	7860
Toplam Çinko (Zn) mg kg ⁻¹	220	410
Toplam Bakır (Cu) mg kg ⁻¹	50.0	92.0
Toplam Mangan (Mn) mg kg ⁻¹	341	609

Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Deneme 2018 yılı Mart-Haziran aylarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitki Bölümü deneme alanı tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve 2 faktörlü (biyokömür-keçi gübre ve inorganik gübre NPK) olacak şekilde yürütülmüştür. Bitki materyali olarak soğan (*Allium Cepha* L.) bitkisinin Metan 88 çeşidi kullanılmıştır. Deneme, 3 farklı inorganik gübre dozunda keçi gübresi ve keçi gübresinden elde edilen biyokömür ile bunların her ikisinin birlikte uygulandığı uygulamalardan oluşmuştur. Tam inorganik gübre uygulamasında (%100 İG) dekara 10 kg N, 10 kg P₂O₅ ve 10 kg K₂O, 15-15-15 gübresi ile soğan bitkisi ekiminden hemen önce uygulanmıştır. Diğer inorganik gübre uygulama dozları ise tam inorganik gübre dozunun yarısının verileceği (%50 İG) ve hiç gübre verilmeyen uygulamalardan oluşmuştur (%0 İG). Tohum ekiminden hemen önce keçi gübresi 5 t ha⁻¹ ve keçi gübresinden elde edilen biyokömür (BK) 10 t ha⁻¹ düzeyinde, KG+BK ise 5 t ha⁻¹ KG + 10 t ha⁻¹ BK düzeylerinde parsellere uygulanmış, toprağa çapa ile karıştırılmıştır. Denemede, sıra arası 10 cm ve dekara 0.5 kg tohum olacak şekilde çiziye ekilmiş, her bir soğan parseli 1 m² olacak şekilde ayarlanmıştır. Soğan tohumlarının ekimi 28 Mart, hasat ise 14 Haziran 2018 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Deneme süzgeçli kova kullanılarak elle sulanmış, uygulamaların birbirinden etkilenmemesi için parseller arasında 0.5 m boşluk bırakılmıştır. İlkbahar döneminde, yağmurların az yağmasından dolayı bitkiler her parselde yaklaşık 5 L olacak şekilde ve haftada 3 kere sulanmıştır.

Bitkide yapılan gözlem, ölçümler ve analizler

Her bir parselden el ile sökülen soğanlar (tüm bitki) terazide tartılmış, toplam verim g m^{-2} olarak belirlenmiş ve kg da^{-1} olarak ifade edilmiştir. Bitkilerin yaş ve kuru ağırlığını belirlemek için parsellerden hasat edilen bitkilerden tesadüfi seçilen 20 bitkinin yaş ağırlığı belirlendikten sonra etüvde 65°C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Yıkayıp kurutulmuş soğan bitkisi örnekleri öğütülmüş makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Zn, Cu, Mn) besin elementi analizleri yapılmıştır (Bremner, 1965; Isaac ve Kerber, 1971).

İstatistik Analizler

Denemeden elde edilen verilerin varyans analizi faktöriyel deneme deseninde tesadüf parsellerine göre Minitab 17 paket programı kullanılarak yapılmış ve uygulamalar arasındaki farklılıklar Mstat-C paket programı kullanılarak Duncan testi ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Soğan bitkisinin gelişim parametreleri

Deneme alanında uygulanan inorganik ve organik gübrelerin soğan bitkisinin yaş ve kuru ağırlığı ile toplam verimine etkileri çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin yaş ve kuru ağırlığı ile toplam verimine etkileri

Organik Gübre	Yaş ağırlık (g bitki^{-1})			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	11.2±1.23	12.1 ±1.44	7.85±1.59	10.4±0.93 c
Biyokömür (BK)	12.2±0.86	13.8±1.26	13.4±1.10	13.1±0.60 b
Keçi Gübresi (KG)	12.7±0.94	13.5±1.48	14.1±0.86	13.4±0.61 b
BK+KG	19.3±2.85	20.3±1.39	16.5±2.03	18.7±1.24 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.68 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)	İG x	15.62 ^{**}	
	OG		0.88 ^{öd}	
Organik Gübre	Kuru ağırlık (g bitki^{-1})			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	1.01±0.08	1.11±0.11	0.71±0.12	0.94±0.08 c
Biyokömür (BK)	1.15±0.07	1.23±0.09	1.23±0.09	1.20±0.05 b
Keçi Gübresi (KG)	1.23±0.10	1.30±0.09	1.28±0.07	1.27±0.05 b
BK+KG	1.54±0.23	1.78±0.11	1.34±0.12	1.55±0.10 a
Ortalama	1.23±0.08 ab	1.36±0.08 a	1.14±0.08 b	
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		3.60 [*]	
	Organik Gübre (OG)	İG x OG	14.56 ^{**}	
	OG		1.27 ^{öd}	
Organik Gübre	Toplam verim (kg da^{-1})			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	2448±255	2530±249	1649±284	2209±182 b
Biyokömür (BK)	2645±495	2251±415	2247±508	2381±257 b
Keçi Gübresi (KG)	2939±219	2595±77.3	2633±103	2722±89.5 ab
BK+KG	2963±224	3321±203	3265±330	3183±143 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.02 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)	İG x OG	5.78 ^{**}	
	OG		0.92 ^{öd}	

öd: önemli değil, * $p<0.05$, ** $p<0.01$

Çizelge 3'de görüldüğü üzere deneme alanında bitki yaş ağırlığına organik gübre uygulamalarının etkisi istatistik olarak önemli olmuş ancak inorganik gübre uygulamaları ve İGxOG interaksyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Yapılan tüm organik gübre uygulamaları, soğanın bitki yaş ağırlığını kontrole göre artırmıştır. En yüksek yaş ağırlığın biyokömür ve keçi gübresinin birlikte uygulandığı bitkilerden elde edildiği görülmüştür. Sahin ve ark. (2016), tavuk gübresinden elde edilmiş biyokömür (BK) ve fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün (BK+fosfor) marul bitkisinin birinci ve ikinci ürün verim ve mineral element konsantrasyonlarına etkisini incelemiş ve en yüksek bitki yaş ağırlığının her üründe BK+fosfor uygulamasından elde edildiğini belirtmiştir.

Soğan bitkisinin kuru ağırlığı üzerine inorganik gübre uygulamaları ile organik gübre uygulamalarının etkisi önemli olmuş ancak İGxOG interaksiyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Uygulanan her iki organik gübre de bitki kuru ağırlığını kontrole göre önemli düzeyde artırmıştır. En yüksek bitki kuru ağırlığına keçi gübresi ile biyokömürün birlikte uygulanmasıyla ulaşılmıştır. [Park ve ark. \(2011\)](#), Biyokömürün Hint hardalı bitkisinde toprak üstü bitki kuru ağırlığını %353 oranında artırdığını belirtmişlerdir. Tavuk gübresi biyokömürü uygulamasıyla [Gunes ve ark. \(2014\)](#), marulda, [Inal ve ark. \(2015\)](#), mısır ve fasulyede, tavuk gübresi ile zeytin pirinası biyokömrüleri uygulamalarıyla [Kaya ve ark. \(2019\)](#), mısır ve çeltik bitkisinde kuru ağırlığın önemli düzeyde arttığını tespit etmişlerdir. İnorganik gübre uygulamalarına bakıldığında ise inorganik gübreyi %50 azaltmanın bitki kuru ağırlığını etkilemediği ancak hiç inorganik gübre uygulanmamasının bitki kuru ağırlığını azalttığı görülmüştür (Çizelge 3). İnorganik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksiyonunun toplam verime etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Yapılan bir sera denemesinde 3.0 t ha⁻¹ biyokömürün sorgum verimini etkilemediği belirtilmiştir ([Schnell ve ark., 2012](#)).

Organik gübre uygulamalarının etkisi ise istatistiki olarak önemli olmuştur. Biyokömür ve keçi gübresinin birlikte uygulanmasıyla toplam verim önemli düzeyde artış göstermiştir. Tek başına biyokömür ve keçi gübresi uygulamalarında ise toplam verim kontrole aynı olmuştur (Çizelge 3). Organik gübre veya biyokömür uygulamasıyla bitki gelişiminin artması genellikle bitki besinlerinin yarıyışlılığının uygun hale gelmesi ([Glaser ve ark., 2002](#); [Lehman ve ark., 2003](#); [Gaskin ve ark., 2010](#)), toprak mikrobiyolojisinin iyileşmesi ([Biederman ve Harpole, 2013](#); [Thies ve Rillig, 2009](#)) ve kimi toksik elementlerin azalması ([Glaser ve ark., 2002](#); [Steiner ve ark., 2007](#)) gibi nedenlere bağlanmaktadır. [Mukherjee ve Lal \(2014\)](#), biyokömürün verim üzerine etkisinin olumlu veya olumsuz olabileceği gibi hiç etkisinin olmayabileceğini belirtmişlerdir. [Jones ve ark. \(2012\)](#), biyokömürün mısır verimini etkilemediğini ancak mısırdan sonra ekilen yem bitkisinin ot verimini artırdığını belirtmiştir. Bu durum biyokömür uygulamalarının etkisinin bitkiden bitkiye farklı olacağını göstermektedir. [Demir ve ark. \(2010\)](#) ve [Sahin ve ark. \(2014\)](#) yaptıkları çalışmada tavuk gübresi uygulanmasıyla domates ve biber bitkilerinin veriminin arttığını belirtmişlerdir. Biyokömür uygulamalarının bitkisel üretimde verimi artırdığı ([Chan ve ark., 2008](#); [Yamato ve ark., 2006](#)) ancak bazı çalışmalarda da azalttığına ilişkin bilgiler bulunmaktadır ([Deenik ve ark., 2010](#); [Schulz ve Glaser, 2012](#)). [Zemanova ve ark. \(2017\)](#), tarafından sera koşullarında yapılan bir çalışmada ıspanak (ilkbahar)-hardal-ıspanak (güz) ekim nöbetinde bitkilerin büyüme ve metabolizmaları üzerine biyokömürün etkisi incelenmiştir. Biyokömürün toprağa uygulanması sonucu ıspanak bitkisinde gelişmenin önemli ölçüde arttığı ve artışın kontrole göre ilkbaharda %102 ve sonbaharda ise %353 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Kumlu ve düşük verimli topraklarda çeltik kavuzundan elde edilen biyokömür soya fasulyesi bitkisine 10 t ha⁻¹ olarak uygulandığında bitkinin gelişimi ve verimi artmıştır ([Oka ve ark., 1993](#)). [Uzoma ve ark. \(2011\)](#)'e göre, sığır gübresinden elde edilen biyokömürün kumlu bir toprağa 15 ve 20 t ha⁻¹ düzeyinde uygulanması mısır tane verimini sırasıyla %150 ve %98 oranında artırmıştır. [Smith \(1999\)](#)'e göre, biyokömür uygulaması düşük verimli topraklarda papaya ve mangonun verimini 3 kat artırmıştır.

Soğan bitkisinin makro element içerikleri

İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam N, P ve K içeriklerine etkisi çizelge 4'de verilmiştir. Soğan bitkisinin toplam N içeriğine inorganik gübre ve organik gübre uygulamalarının bireysel etkileri istatistiki olarak önemli olmuştur. İnorganik gübrenin azaltılması ya da hiç uygulanmamasının bitki toplam N içeriğini azalttığı görülmüştür. Organik gübre uygulamalarına bakıldığında ise BK ve BK+KG uygulamaları ile soğan bitkisi toplam N içeriğinin kontrole göre arttığı görülmüştür (Çizelge 4). Bu artışın hem organik gübrelerin mineralizasyonu sonucu açığa çıkan azottan hem de organik gübre uygulamasıyla toprakta yarıyışlılığı artan azottan kaynaklandığı düşünülmektedir. [Kamman ve ark. \(2011\)](#), tarafından yürütülen bir sera çalışmasında kumlu bir toprağa 0, 100 ve 200 t ha⁻¹ düzeyinde uygulanan biyokömürün bitki gelişimini ve yaprak N içeriğini artırdığı gösterilmiştir. Biyokömürün toprakta N tutucu olarak etki gösterdiği ve bitkilerin azottan yararlanma oranını artırdığı belirtilmiştir ([Spokas ve ark., 2012](#)). [Jones ve ark. \(2012\)](#), biyokömür uygulamasının çim bitkisinin N içeriğini önemli oranda artırdığını göstermiştir. Bitki toplam P içeriğine inorganik ve organik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemsiz olurken interaksiyon etkisi önemli olmuştur. İnorganik gübrenin azaltılması bitki P içeriğinde önemli bir değişiklik yaratmazken hiç uygulanmaması bitki P içeriğini azaltmıştır. Hiç inorganik gübre uygulanmayan bitkilere organik gübre uygulandığında bitki P içeriğinin arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4). Burada da azota benzer şekilde hem organik maddenin yapısından gelen hem de toprakta yarıyışlı fosforun artması nedeniyle bitki P içeriği artış göstermiştir. Çizelge 4'de görüldüğü üzere soğan bitkisinin toplam potasyum içeriğine inorganik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuş ancak organik gübre uygulamalarının etkisi önemli olmuştur.

Çizelge 4. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam N, P ve K içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam N (g kg ⁻¹)			Ortalama
	İnorganik Gübre (İG)			
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	27.0±1.57	23.2±1.57	21.5±0.72	23.9±0.99 c
Biyokömür (BK)	27.0±0.72	25.8±0.90	25.7±0.56	26.2±0.42 b
Keçi Gübresi (KG)	26.4±1.07	23.0±0.70	23.3±0.86	24.2±0.66 bc
BK+KG	35.3±1.35	34.4±3.03	30.9±0.26	33.5±1.15 a
Ortalama	28.9±1.10 a	26.6±1.44 b	25.4±0.95 b	
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		7.67**	
	Organik Gübre (OG)		35.24**	
	İG x OG		0.83 ^{öd}	
Organik Gübre	Toplam P (g kg ⁻¹)			Ortalama
	İnorganik Gübre (İG)			
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	3.27±0.24 ab	3.49±0.32 ab	2.01±0.09 c	
Biyokömür (BK)	3.33±0.56 ab	3.55±0.16 ab	3.42±0.21 ab	
Keçi Gübresi (KG)	2.93±0.30 b	3.08±0.16 ab	3.06±0.07 ab	
BK+KG	3.04±0.08 ab	2.89±0.12 b	3.78±0.13 a	
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.07 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		2.15 ^{öd}	
	İG x OG		3.10*	
Organik Gübre	Toplam K (g kg ⁻¹)			Ortalama
	İnorganik Gübre (İG)			
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	36.5±1.79	33.4±0.87	29.2±1.20	33.0±1.14 c
Biyokömür (BK)	36.9±0.95	38.5±2.52	39.3±0.89	38.2±0.91 b
Keçi Gübresi (KG)	34.8±2.85	31.2±1.11	31.0±1.04	32.3±1.11 c
BK+KG	45.3±3.05	45.7±3.33	42.9±3.06	44.6±1.69 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.72 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		21.7**	
	İG x OG		1.04 ^{öd}	

öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

Uygulanan BK ve BK+KG, soğan bitkisinin toplam K içeriğini kontrole göre istatistiki olarak önemli düzeyde artırmıştır. En yüksek toplam K içeriğinin biyokömür ve keçi gübresinin birlikte uygulandığı bitkilerde gerçekleştiği görülmüştür (Çizelge 4). Wang ve ark. (2018), toprak potasyum dinamikleri üzerine biyokömürün etkisini araştırdığı bir çalışmada, 450 °C sıcaklıkta hazırlanan bambu biyokömürünün farklı uygulama dozlarına (0, 5, 10 ve 25 g kg⁻¹) bağlı olarak kışlık buğday bitkisinin potasyum konsantrasyonunu artırdığını tespit etmiştir. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam Ca ve Mg içeriklerine etkisi çizelge 5’de verilmiştir. Çizelge 5’de görüldüğü üzere soğan bitkisinin toplam Ca içeriğine organik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuş ancak inorganik gübre uygulamaları ve İGxOG interaksyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Biyokömürün yalnız ve keçi gübresiyle birlikte uygulandığı bitkilerde bitki toplam Ca içeriğinin kontrolden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Major ve ark. (2010), tarafından yapılan 4 yıllık tarla denemesinde 0, 8 ve 20 ton ha⁻¹ dozlarında uygulanan biyokömürün bitkinin kalsiyum alımını artırdığı tespit edilmiştir.

Toplam Mg içeriğine organik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuş ancak inorganik gübre uygulamaları ve İGxOG interaksyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Soğan bitkisi toplam Mg içeriğini keçi gübresi uygulaması kontrole göre azaltırken keçi gübresi ile birlikte biyokömür uygulaması artırmıştır (Çizelge 5). Farklı sıcaklıklarda elde edilen tavuk gübresi biyokömürünün uygulandığı marul ve mısır bitkilerinde, verim ile birlikte P ve K konsantrasyonunun da arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonunun ise azaldığı belirtilmiştir (Gunes ve ark., 2015). Tropikal alanlarda kullanılan biyokömür P, K ve Ca’un bitkiler tarafından alımını artırmaktadır (Lehmann ve Rondon, 2006). Van ve ark. (2010), tarafından biyokömür uygulamasının yer fıstığının N alımını kontrole göre %250’ye ulaşan oranlarda artırdığı belirtilmiştir. Farklı sıcaklıklarda elde edilen tavuk gübresi biyokömürünün uygulandığı marul ve mısır bitkilerinde, verim ile birlikte P ve K konsantrasyonunun da arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonunun ise azaldığı belirtilmiştir (Gunes ve ark., 2015). Tropikal alanlarda kullanılan biyokömür P, K ve Ca’un bitkiler tarafından alımını artırmaktadır (Lehmann ve Rondon, 2006). Van ve ark. (2010), tarafından biyokömür uygulamasının yer fıstığının N alımını kontrole göre %250’ye ulaşan oranlarda artırdığı belirtilmiştir.

Çizelge 5. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam Ca ve Mg içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam Ca (g kg ⁻¹)			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	7.94±0.45	8.21±0.89	5.25±0.47	7.13±0.52 c
Biyokömür (BK)	9.60±0.53	9.00±0.50	8.36±0.99	8.99±0.40 b
Keçi Gübresi (KG)	7.31±0.87	7.51±0.53	7.71±0.32	7.51±0.33 c
BK+KG	11.2±1.11	10.5±0.67	10.1±0.64	10.6±0.46 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		3.01 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		15.16 ^{**}	
	İG x OG		1.27 ^{öd}	
Organik Gübre	Toplam Mg (g kg ⁻¹)			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	3.96±0.25	3.63±0.12	3.24±0.26	3.61±0.15 b
Biyokömür (BK)	3.84±0.12	3.92±0.09	3.77±0.07	3.84±0.05 b
Keçi Gübresi (KG)	3.01±0.12	3.10±0.25	3.11±0.16	3.08±0.10 c
BK+KG	4.26±0.23	4.24±0.30	4.12±0.25	4.21±0.14 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.12 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		16.08 ^{**}	
	İG x OG		0.76 ^{öd}	

öd: önemli değil, **p<0.01

Soğan bitkisinin mikro element içerikleri

Çizelge 6'da uygulanan inorganik ve organik gübrelerin soğan bitkisinin toplam demir ve çinko içeriklerine etkileri verilmiştir. Çizelge 6'da görüldüğü üzere soğan bitkisinin toplam Fe içeriğine inorganik ve organik gübre uygulamaları interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. %100 inorganik gübre uygulanan bitkilerde keçi gübresi ve hiç inorganik gübre uygulanmamış bitkilerde ise biyokömür uygulaması Fe içeriğini kontrole göre azaltmıştır. Mielki ve ark. (2016), uygulanan biyokömürün toprak pH'sını yükselterek yarayırlı Fe konsantrasyonunun azalmasına neden olduğunu ve bu nedenle bitkide demir konsantrasyonunun azaldığını rapor etmiştir. Toplam Zn içeriğine inorganik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuş ancak organik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksiyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Yarı yarıya azaltılmış inorganik gübre uygulamasına göre hiç inorganik gübre uygulanmaması bitki Zn içeriğini azaltmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam demir ve çinko içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam Fe (mg kg ⁻¹)		
	%100 İG	%50 İG	%0 İG
Kontrol	317.2±18.3 abc	269.2±14.1 bcd	353.4±24.1 a
Biyokömür (BK)	265.7±30.1 bcd	277.7±41.7 bcd	292.9±8.19 bcd
Keçi Gübresi (KG)	233.2±23.0 d	257.2±32.8 cd	323.9±19.6 ab
BK+KG	285.7±11.0 bcd	259.7±11.2 cd	350.7±25.1 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	9.71 **	
	Organik Gübre (OG)	7.49 **	
	İG x OG	2.66 *	
Organik Gübre	Toplam Zn (mg kg ⁻¹)		
	%100 İG	%50 İG	%0 İG
Kontrol	22.97±0.64	29.50±3.46	26.05±0.78
Biyokömür (BK)	21.60±1.72	27.75±1.65	23.85±1.64
Keçi Gübresi (KG)	21.60±0.89	24.85±3.22	23.63±1.04
BK+KG	26.50±1.34	23.38±0.64	27.08±1.08
Ortalama	25.15±0.65 ab	26.37±1.29 a	23.17±0.78 b
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	3.32 *	
	Organik Gübre (OG)	1.53 ^{öd}	
	İG x OG	1.76 ^{öd}	

öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

Çizelge 7'de uygulanan inorganik ve organik gübrelerin soğan bitkisinin toplam bakır ve mangan içeriklerine etkileri verilmiştir. Soğan bitkisi toplam Cu içeriğine inorganik ve organik gübre uygulamaları ile interaksiyonun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Soğan bitkisi toplam Cu içeriğinin, bazı uygulamalar dışında çoğunlukla azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Tam inorganik gübre uygulaması (%100 İG) hiç inorganik gübre uygulanmamasına (%0 İG) göre bitki Cu içeriğinin daha az olmasına neden olmuştur. Hiç inorganik gübre uygulanmadığında keçi gübresi ve biyokömür uygulamaları da soğan bitkisinin toplam Cu içeriğinin azalmasına yol açmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam Cu ve Mn içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam Cu (mg kg ⁻¹)		
	%100 İG	İnorganik Gübre (İG) %50 İG	%0 İG
Kontrol	10.74±1.28 bcde	13.50±0.88 ab	14.98±1.03 a
Biyokömür (BK)	9.08±1.17 de	10.75±0.44 bcde	8.61±0.48 de
Keçi Gübresi (KG)	11.32±1.65 bcd	9.52±0.89 cde	8.70±0.78 de
BK+KG	7.94±0.48 e	12.50±0.34 abc	12.36±1.26 abc
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	3.77*	
	Organik Gübre (OG)	8.30**	
	İG x OG	3.84**	

Organik Gübre	Toplam Mn (mg kg ⁻¹)			Ortalama
	%100 İG	İnorganik Gübre (İG) %50 İG	%0 İG	
Kontrol	120.0±1.08	114.8±2.87	117.8±3.35	117.5±1.52 b
Biyokömür (BK)	124.3±3.68	122.0±2.86	124.0±2.35	123.4±1.60 a
Keçi Gübresi (KG)	114.3±3.45	116.0±1.47	119.8±2.21	116.7±1.48 b
BK+KG	125.5±2.87	126.5±2.90	128.3±3.42	126.8±1.64 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	Organik	0.87 ^{öd}	
	Gübre (OG)	İG x OG	8.81**	
			0.48 ^{öd}	

öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

Soğan bitkisinin toplam Mn içeriğine inorganik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuş ancak organik gübre uygulamalarının etkisi önemli olmuştur. Biyokömür ve biyokömürle birlikte keçi gübresi uygulaması hem kontrole hem de keçi gübresi uygulamasına göre soğan bitkisinin toplam Mn içeriğini artırmıştır (Çizelge 7). [Gunes ve ark. \(2014\)](#), tarafından yapılan bir çalışmada biyokömür ve fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömür uygulanan marul bitkisinin N, P ve K konsantrasyonunun kontrole göre arttığı buna bağlı olarak bitki kuru ağırlığının da arttığı ancak Ca, Mg, Fe ve Zn konsantrasyonlarının azaldığı bildirilmiştir. [İnal ve ark. \(2015\)](#), tarafından yapılan bir çalışmada 0, 2.5, 5, 10 ve 20 g kg⁻¹ biyokömür uygulamalarının fasulye ve mısır bitkilerine etkisi araştırılmış ve biyokömür uygulamasına bağlı olarak fasulyenin N, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonunun, mısırın ise N, P, K, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonunun arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonunun ise azaldığı bildirilmiştir. [Zolfi-Bavarian ve ark. \(2016\)](#), biyokömürün kireçli toprakta bitki besin maddesi alımı üzerine olumlu etkisinin olduğunu göstermiştir. Tropikal alanlarda kullanılan biyokömür Fe, Zn ve Cu'nun bitkiler tarafından alınımı artırmaktadır ([Lehmann ve Rondon, 2006](#)). Biyokömür uygulamaları ile bitki kuru maddesi ve yaprak N, K, Ca ve Zn içeriğinde de artışlar olduğu saptanmıştır ([Majeed, 2014](#)). Biyokömür, elde edildiği materyale göre toprak pH'sını artırarak bazı mikro elementlerin yararlılığını azaltmaktadır ([Peng ve ark., 2011](#); [Dong ve ark. 2011](#)). Biyokömür uygulaması sonrasında toprak pH'sındaki artışın biyokömürün kül içeriğiyle ve pH'sıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir ([Chirenje ve Lena, 2002](#)).

Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde; inorganik gübre ve keçi gübresi ile biyokömür uygulamalarının soğan bitkisinde verim ve verim öğeleri ile bitki besin elementi içeriğinde genel olarak olumlu etki yarattığı saptanmıştır. Ayrıca kimyasal gübreden yararlanma oranını artırdığı tespit edilmiştir. Organik gübre ve biyokömürün tek başına ya da birlikte uygulanması durumunda bitki gelişiminin iyileştiği tespit edilmiştir. Bu hususlar çalışmanın başlatılmasındaki hipotezin doğrulandığını ve çalışmanın amacına ulaştığını göstermiştir.

Bu çalışmada soğan bitkisi BK ve KG'nin birlikte uygulamasının verim ve verim öğeleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak bu uygulamalarla birlikte yapraktan ya da topraktan Fe, Zn ve Cu uygulamalarıyla verim ve kalitenin daha fazla artırılacağı düşünülmektedir. Organik gübre ve biyokömür

çalışmalarının farklı koşullarda, farklı bitkilerle ve hammadde, hazırlama yöntemi, önışlem görmüş vb. farklı biyokömür çeşitleriyle devam ettirilmesinin de tarım ve çevre açısından önemli veri kaynağı oluşturacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 18L0447003 kodlu lisansüstü tez projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Adekiya AO, Agbede TM, Aboyeji CM, Dunsin O, Simeon VT 2019. Biochar and poultry manure effects on soil properties and radish (*Raphanus sativus* L.) yield, *Biological Agriculture and Horticulture*, 35(1): 33-45.
- Antonious GF 2018. Biochar and Animal Manure Impact on Soil, Crop Yield and Quality. In: *Agricultural Waste and Residues*, Chap 4, pp. 45-67.
- Anonymous 1951. Soil Survey Stuff, Soil Survey Manual. Agricultural Research Administration, United States Department of Agriculture Handbook, USA, 18: 340-377.
- Biederman LA, Harpole WS 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy* 5: 202-214.
- Bouyoucos GJ 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Bremner JM 1965. Total Nitrogen Methods of Soil Analysis. Part 2. In: *Chemical and Microbiological Properties* (eds. Black CA). Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9, Madison, Wisconsin, U.S.A., pp. 1149-1178.
- Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46: 437-444.
- Cheng CH, Lehmann J, Thies JE, Burton SD, Engelhard, MH 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry*, 37: 1477-1488.
- Chirenje T, Ma LQ 2002. Impact of high-volume wood-fired boiler ash amendment on soil properties and nutrients. *Commun Soil Sci Plant Anal.*, 33: 1-17.
- Deenik JL, McClellan T, Uehara G, Antal MJ, Campbell S 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74: 1259-1270.
- Demir K, Sahin O, Kadioglu YK, Pilbeam DJ, Gunes A 2010. Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae*, 127: 16-22.
- Doan TT, Tureaux TH, Rumpel C, Janeau JL, Jouquet P 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of the Total Environment*, 514: 147-54.
- Dodor DE, Amanor YJ, Attor FT, Adjadeh TA, Neina D, Miyittah M 2018. Co-application of biochar and cattle manure counteract positive priming of carbon mineralization in a sandy soil. *Environmental Systems Research*, 7(5): 1-9.
- Dong X, Ma LQ, Li Y 2011. Characteristics and mechanisms of hexavalent chromium removal by biochar from sugar beet tailing. *Journal of Hazardous Materials*, 190: 909-915.
- Eraslan F, Inal A, Gunes A., Erdal I, Coskan A 2010. Türkiye’de kimyasal gübre üretim ve tüketim durumu, sorunlar, çözüm önerileri ve yenilikler. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Fearnside PM 2000. Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change*, 46(1-2): 115-158.
- Gaskin JW, Speir RA, Harris K, Das KC, Lee RD, Morris LA, Fisher DS 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrient, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal*, 102: 623-633.
- Glaser B, Haumaier L, Guggenberger G, Zech W 2001. The Terra Preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88: 37-41.
- 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.
- Gunes A 2012. Technical assistance for the implementation of nitrate directive. Task 6: Prepare an Action Plan for Nitrate Directive. Output 6.2. Draft Manure Management Plan. Vakakis International S.A. Athens, Greece.
- Gunes A, Inal A, Taskin MB, Sahin O, Kaya EC, 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 and Management*, 30: 182-184.
- Gunes A, Inal A, Sahin O, Taskin MB, Atakol O, Yilmaz N 2015. Variations in mineral element concentrations of poultry manure biochar obtained at different pyrolysis temperatures, and their effects on crop growth and mineral nutrition. *Soil Use and Management*, 31: 429-437.
- Inal A, Gunes A, Sahin O, Taskin MB, Kaya EC 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil on the growth of bean and maize. *Soil Use and Management* 31: 106-113.
- Isaac RA, Kerber JD 1971. Atomic Absorption and Flamephotometry: Techniques and uses in soil, plant and water analysis. In: *Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue.* (eds: Walsh LM), Soil Science Society of America, Madison, pp. 34-37.
- Jackson ML 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, pp. 498.
- Jones DL, Rousk Edwards-Jones G, DeLuca TH, Murphy DV 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three-year field trial. *Soil biology and Biochemistry*, 45: 113-124.
- Kamman CI, Linsel S, Gossling JW, Koyro HW 2011. Influence of biochar on drought tolerance of chenopodium quinoa wild and on soil-plant relations. *Plant and Soil*: 195-210.
- Kaya EC, Akça H, Taşkın MB, Mounirou MM, Kaya T 2019. Biyokömür ve fosfor uygulamalarının mısır ve çeltik bitkilerinin gelişimi ve mineral element konsantrasyonlarına etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 8(1): 46-54.

- Kurt S 2016. Biyokömür ve vermikompostun mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) kök bölgesindeki enzim aktiviteleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Toprak Bölümü ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Laird D, Fleming P, Wang BQ, Horton R, Karlen D 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158: 436-442.
- Lehmann J, Gaunt J, Rondon M 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - A review. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, 11(2): 403-427.
- Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D 2011. Biochar effects on soil biota-A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 1812-1836.
- Majeed AJ 2014. Toprak verimliliğini arttırmak için bir toprak düzenleyici olarak biochar. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Ün., Fen Bil. Ens. Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J 2010. Maize yield and nutrition after 4 years of doing biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil*, 333: 117-128.
- Manolikaki I, Diamadopoulos E 2019. Positive effects of biochar and biochar-compost on maize growth and nutrient availability in two agricultural soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(5): 512-526.
- Mayola MM, Leyoly J, Komanda JL 2017. Effet de l'application du biochar et de la litière d'*Acacia mangium* sur la culture du maïs en Alley cropping au plateau de Batéké / RDC. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19: 897-907.
- Mielki GF, Novais RF, Ker C, Vergütz L, Castro GF 2016. Iron availability in tropical soils and iron uptake by plants. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 40: 1-14.
- Mukherjee A, Lal R 2014. The biochar dilemma. *Soil Research*, 52: 217-230.
- Novak JM, Lima IM, Xing B, Gaskin JW, Steiner C, Das KC, Ahmedna M, Rehrah D, Watts WD, Busscher WJ, Shomberg H 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science*, 3: 195-206.
- Oka H, Rungtattanakasin W, Arraratana U, Idthipong S 1993. Improvement of sandy soil in the northeast by using carbonized rice husks. *JICA Technical Report*, 13: 40-42.
- Oldfield TL, Sikirica N, Mondini C, Lopez G, Kuikman PJ, Holden NM 2018. Biochar, compost and biochar-compost blend as options to recover nutrients and sequester carbon. *Journal of Environmental Management*, 218: 465-476.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean NC 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular*, 939: 1-18.
- Park JH, Choppala GK, Bolan NS, Chung JW, Chuasavathi T 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant and Soil*, 348: 439-451.
- Pratt PF 1965. Methods of soil analysis. In: *Chemical and Microbiological Properties*. (eds. Black CA), American Society of Agronomy, Madison, pp. 771-1572.
- Peng X, Ye LL, Wang CH, Zhou H, Sun B 2011. Temperature- and duration-dependent rice straw-derived biochar: characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. *Soil Tillage Research*, 112: 159-166.
- Qayyum MF, Liaquat F, Abdur Rehman R., Gul M, Hye MZ, Rizwan M, Rehaman MZ 2017. Effects of co-composting of farm manure and biochar on plant growth and carbon mineralization in an alkaline soil. *Environ Sci Pollut Res*, 24: 26060-26068.
- Richards LA 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. *United States Department of Agriculture Handbook, USA*, pp. 1070.
- Sahin O, Taskin MB, Kadioglu YK, Pilbeam DJ, Inal A, Gunes A 2014. Elementel composition of pepper plants fertilized with pelletized poultry manure. *Journal of Plant Nutrition*, 37: 458-468.
- Sahin O, Taskin MB, Kaya EC, Taşkın H 2016. Fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L. cv. Maritima) gelişimi ve mineral element konsantrasyonu üzerine etkisi. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.*, 31(3): 101-107.
- Schulz H, Glaser B 2012. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175: 410-422.
- Schnell RW, Vietor DM, Provin TL, Munster CL, Capareda S 2012. Capacity of biochar application to maintain energy crop productivity: soil chemistry, sorghum growth, and runoff water quality effects. *Journal of Environmental Quality*, 41: 1044-1051.
- Smith NJH 1999. *The Amazon River Forest: A Natural History of Plants, Animals and People*. Oxford University Press, New York.
- Spokas KA, Novak JM, Venterea RT. 2012. Biochar's role as an alternative N-fertilizer: ammonia capture. *Plant and Soil*, 350: 35-42.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macedo JLV, Blum WE, Zech W 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*, 291(1-2): 275-290.
- Thies J., Rillig, M. 2009. Characteristics of biochar: Biological properties. In: *Biochar for environmental management* (eds. Lehmann J, Joseph S), Earthscan, London, pp. 85-102.
- Uzoma KC, Inoue M, Andry H, Fujimaki H, Zahoor A, Nishihara E 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management*, 27: 205-212.
- Van ZL, Kimber SWR, Morris SG, Chan KY, Downie AL, Rust J, Joseph SH, Cowie AL 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*, 327: 235-246.
- Wang T, Arbestan MC, Hedley M, Bishop P 2012. Predicting phosphorus bioavailability from high-ash biochars. *Plant and Soil*, 357: 173-187.
- Wang L, Xue C, Nie X, Liu Y, Chen F 2018. Effects of biochar application on soil potassium dynamics and crop uptake. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 181: 635-643.
- Yamato M, Okimori Y, Wibowo IF, Anshori S, Ogawa M 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52: 489-495.
- Zemanova V, Brendova K, Pavlikova D, Kuvatova P, Tlustos P 2017. Effect of biochar application on the content of nutrients (Ca, Fe, K, Mg, Na, P) and amino acids in subsequently growing spinach and mustard. *Plant, Soil and Environment*, 7: 322-327.
- Zolfi-Bavariani M, Ronagh A, Ghasemi-Fasaei R, Yasrebi J 2016. Influence of poultry manure-derived biochars on nutrients bioavailability and chemical properties of a calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62: 1578-1591.