



Biyokömür İlavesinin Toprakta Nitrat ve Amonyum Yıkanmasına Etkileri

Elif GÜNAL¹, Halil ERDEM^{1*}, Ali KAPLAN¹

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 60240 Tokat

*Sorumlu Yazar: erdemh@hotmail.com

Öz

Besin elementlerinin kök bölgesi altına yıkanmasının engellenerek toprakta daha uzun süre tutunmaları gübrenin etkinliğinin artması anlamına gelir. Kök bölgesinin altına inen besin elementleri, hem bitki için yararlı hale gelmekte hem de yer altı sularına karışarak kirlenmelerine ve ekosistemin fonksiyonlarına zarar vermektedir. Bu çalışma, orta bünyeye sahip bir toprağa farklı dozlarda ilave edilen domates hasat atıklarının 500 °C'de yavaş piroliz edilmesi ile hazırlanmış biyokömür materyallerinin, nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) yıkanmalarına etkilerini test etmek için yapılmıştır. Üç farklı biyokömür dozu (%1, %3 ve %6) ve kontrol uygulamalarını kapsayan 3 tekerrürlü yıkama çalışmaları, 35 cm uzunluğundaki PVC borularında yapılmıştır. Şeker pancarının 60 ton ha^{-1} verimi için kullanılan toplam azot (240 kg N ha^{-1}) ve su miktarları (875 mm) uygulanmıştır. Toplam su, altı defa da damla şeklinde verilmiştir. Her sulama döneminde sızan su toplanmış ve NO_3^- ve NH_4^+ konsantrasyonları ile pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri için analiz edilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda, sızan suyun NO_3^- konsantrasyonu açısından uygulamalar arasında önemli farklılık olmasına rağmen, NH_4^+ yıkanmasına uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Nitrat yıkanmasını en fazla azaltan uygulama, kontrole göre %34.5 daha az olan %3 biyokömür olmuştur. Yıkamalar sonunda kolonlarda en yüksek nitrat konsantrasyonuna sahip uygulama 9532 mg kg^{-1} ile %6 dozunun olduğu uygulamadır. En düşük NO_3^- konsantrasyonu ise 6950 mg kg^{-1} ile %0 dozu ile kontrollerdir. Çalışma sonuçları, biyokömür uygulamaları ile azotun (özellikle NO_3^-) kök bölgesinde daha uzun süre yıkanmadan tutunabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, Biochar, Nitrat, Amonyum, Yıkanma, Şeker Pancarı

Effects of Biochar Additions to Soil on Nitrate and Ammonium Leaching

Abstract

Holding plant nutrients longer period of time within the root zone means higher fertilizer use efficiency. Leaching of plant nutrients below the root zone becomes both unavailable for plants and also led to the pollution by leaching to ground water and harms ecosystem functions. This study was conducted to test the effects of biochar application on nitrate (NO_3^-) and ammonium (NH_4^+) leaching from moderate texture soil. The biochar was produced from tomato harvest residues pyrolyzed at 500 °C. Leaching studies were conducted in PVC pipes of 35 cm in length with three replicates, and the biochar doses applied were 0%, 1.0%, 3.0% and 6.0%. The amount of total nitrogen (240 kg N ha^{-1}) and water were determined based on the needs of sugar beet for 60 ton/ha yield. Total water was applied at six times in drip form. The leachate during each irrigation period was collected and analyzed for the concentrations of NH_4^+ and NO_3^- and pH and electrical conductivity (EC). Although statistically significant differences between applications in terms of the concentration of NO_3^- leached water, washing the application had no significant effect of NH_4^+ . Although the difference among the treatments was statistically significant in terms of NO_3^- concentrations of leachates, NH_4^+ concentration was not significantly different among the treatments. The most efficient treatment in terms of reducing the NO_3^- leaching was found to be 3% biochar dose which lowered the NO_3^- leaching 34.5% compared to the control. The highest NO_3^- concentration (9532 mg kg^{-1}) after the six leaching events was obtained in 6% biochar treatment. The lowest concentration of NO_3^- (6950 mg kg^{-1}) was obtained in the control treatment. The results of this study showed that nitrogen can be hold (especially NO_3^-) longer time in the root zone with biochar applications.

Key Words: Biochar, Nitrate, Ammonium, Leaching, Sugar beet

Giriş

Çevre üzerine olumsuz etkilerinden dolayı tarım arazilerinden besin elementlerinin yıkanması tüm Dünyada önemli bir sorun olarak görülmektedir. Tarımsal üretimde en yaygın kullanılan besin elementlerinin başında azot gelmektedir. Özellikle yüksek gelir elde edilen bitkilerin yetiştiriciliğinde, üreticiler daha yüksek ürün elde etmek adına genellikle aşırı azotlu gübre kullanmaktadırlar (Fernández-Escobar ve ark., 2004). Azot, özellikle de nitrat yıkanması ile ilgili sorunun ciddiyeti, daha fazla ürün alma adına uygulanan azotlu mineral gübrenin miktarının artması ile artmaktadır. Nitratin çok hareketli bir anyon olması, kil içeriği düşük olan kaba ve orta tekstürlü topraklarda yıkanma potansiyelinin yüksek olmasına neden olmaktadır (Kanhle ve ark., 2016).

Biyokütlenin yüksek sıcaklıkta fiziksel ve kimyasal olarak farklılaşması ile elde edilen biyokömürün besin elementlerinin yıkanmasını azaltabileceği ve gübre kullanım etkinliğini arttırabileceği düşünülmektedir (Hardie ve ark., 2015). Biyokömürün kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri kullanılan biyokütle ve piroliz koşullarına bağlı olarak büyük değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte üretilen biyokömür içerisindeki karbon bileşikler ayrışmaya karşı dayanıklı olduklarından uzun süre toprakta kalabilme eğilimindedir (Lehman ve ark., 2009). Yüksek sıcaklıkta üretilen biyokömür materyalleri oldukça gözenekli olduklarından geniş yüzey alanına ve düşük hacim ağırlığına sahiptirler (Downie ve ark., 2009). Biyokömürün kaba ve orta bünyeli topraklara uygulanması, katyon değişim kapasitesinin ve beraberinde tüm sorpsiyon kapasitesinin artmasını sağladığı ve böylelikle de besin elementlerinin ve diğer zararlı kimyasalların yıkanıp uzaklaşmasını engellediği bildirilmiştir (Glaser ve ark., 2002).

Son dönemlerde, çeşitli biyokömür materyali uygulamalarının toprağın kalitesini arttırdığı ve besin elementlerinin yıkanmasının azalttığı (Sika ve Hardie, 2014; Mukherjee ve ark., 2014; Kanthe ve ark., 2016) rapor edilmiştir.

Biyokömürün yüksek yüzey yükü yoğunluğu nedeni ile katyonları tuttuğu belirlenmiş olmasına rağmen (Laird ve ark., 2010), nitrat gibi bir anyonu tutabilmesi konusu yeterince aydınlatılamamıştır. Bu konuda ortaya atılan üç ayrı mekanizma bulunmaktadır. Bunlar uygulanan biyokömür ile birlikte toprağın anyon değişim kapasitesinin artması (Knowles ve ark., 2011), biyokömürde bulunan uçucu özelliğe sahip maddelerin mikrobiyal aktiviteyi arttırması ile immobilizasyonun artması (Deenik ve ark., 2010) ve daha yüksek sıcaklıklarda oluşan piroliz işlemi esnasında bazik olan fonksiyonel grupların asidik yüzey fonksiyonel gruplara dönüşmesi ile anyon değiştirme kapasitesinin artması (Al-Wabel ve ark., 2013) şeklinde açıklanmıştır. Kameyama ve ark. (2012) nitratin kök bölgesinde kalma süresinin üretilen biyokömürün piroliz olma süresi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar yüksek sıcaklıkta üretilen biyokömür materyallerinin kök bölgesinde nitrati daha uzun süre tuttuğunu göstermişlerdir.

Tarım arazilerinden nitrat yıkanmasının azaltılması üreticilerin ekonomik kayıplarının azaltılması, yüzey ve yüzey altı sularında nitrat yıkanmasından dolayı oluşan besin elementi yükünün azaltılarak ekolojik zararın minimize edilmesi ve insan ve hayvanlara vereceği zararın azaltılması adına önemlidir (Kanthe ve ark., 2016). Bu çalışmada domates hasat atıklarından elde edilen biyokömürün kontrol, %1.0, %3.0 ve %6.0 şeklinde uygulanan dozlarının orta bünyeli tekstürdeki bir toprakta nitrat ve amonyum gibi iki önemli azot bileşeninin yıkanmasına etkisi test edilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Kullanılan Toprak ve Biyokömür Materyali

Denemede, özellikleri Çizelge 1’de verilmiş olan domates hasat artıklarının (Tokat Kazova’da yoğun bir şekilde yetiştiriciliği yapılan sırık domatesin hasat atıkları) 500 °C’de yavaş piroliz edilmesi ile elde edilmiş biyokömür materyalleri ile orta bünyeye sahip bir toprak kullanılmıştır. Domates hasat artığından biyokömür üretimi, biyokütlenin oksijensiz ortamda ısıtılması adı verilen yavaş

piroliz işlemi ile elde edilmiştir. Tokat Kazova’da tarımsal üretim yapılan bir arazinin ilk 30 cm derinliğinden alınan deneme toprağı hafif alkali (pH:7.78) karakterde ve tuzsuz (EC:0.36 mS cm⁻¹) olup %18.6 kum, %39.9 silt ve %41.5 kil içermektedir. Araziden alınan toprak hava kuru hale getirildikten sonra 2 mm’lik eleklerden geçirilerek denemede kullanılmıştır.

Biyokömür materyalinin bir kısım fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan domates hasat atığı biyokömür’ünün bir kısım fiziksel ve kimyasal özellikleri (Günel, 2016).

Table 1. Some of physical and chemical characteristics of tomato harvest residue biochar used in the experiment.

Fiziksel Özellikler Physical Properties												
Biyokömür Verimi Biochar yield	Tarla Kapasitesi Field capacity	Solma Noktası Permanent Wilting Point	Yarayışlı Su İçeriği Available Water Capacity	Spesifik Yüzey Alanı Specific Surface Area	KDK CEC							
%				m ² g ⁻¹	cmol kg ⁻¹							
33.08	108.47	99.98	8.48	208.89	49.5							
Kimyasal Özellikler Chemical Properties												
C	N	C/N	pH	EC	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
%				µS m ⁻¹	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
65.3	0.42	155.47	11.6	6640	3.69	34.31	86.23	17.51	197.3	175.5	1673.3	121.5

Yıkama Denemesi ve Laboratuvar Analizleri

Yıkama denemeleri için 10.5 cm çap ve 35 cm yüksekliğindeki PVC kolonlar kullanılmıştır. Kolonların alt kısmına toprak biyokömür karışımının dökülmemesi için kalın kaba filtre kâğıtları üzerine ise beyaz pamuklu bez yerleştirilmiş ve pamuklu bez PVC borularına bir klip yardımı ile sabitlenmiştir.

Denemede üç tekrarlı olarak %1.0 (30 g), %3.0 (90 g) ve %6.0’lık (180 g) biyokömür dozları ile kontrol uygulamasının olduğu biyoköürsüz kolonlardan oluşturulmuştur.

Her kolona 3 kg toprak için gerekli biyoköürler tartılarak biyokömür dozları oluşturulmuştur. Biyokömür ve toprak karıştırılmış ve homojen hale getirilmiş ve kolonlara doldurulmuştur. Kolonlar laboratuvar ortamında bulunan özel yıkama düzeneğine yerleştirilmiş ve azot uygulamaları yapılmadan önce tüm kolonlar doymun hale getirilerek asıl deneme öncesi yıkanmıştır. Doymun hale getirme işlemi; verilen su kolonun altından damlacıklar halinde akana kadar suyun ilave edilmesi şeklinde yapılmıştır. Bu şekilde kolonlarda

önceden var olan nitrat ve amonyumun uzaklaştırılması hedeflenmiştir.

Yıkama denemelerinde, ülkemizde birçok bölgede yoğun bir şekilde tarımı yapılan şeker pancarı için tavsiye edilen azot dozu (240 kg N ha^{-1}) dikkate alınmıştır. Araştırmacılar 1 ton pancar ile birlikte topraktan yaklaşık 4 ile 5 ton arasında saf azot kaldırdığını belirtmektedirler (İlbaş ve ark., 1996). Buna göre 60 ton/ha pancar verimi esas alınarak 240 kg N/ha gübre esas alınmıştır. Başlangıç yıkamalarının ardından yaklaşık bir hafta sonra kolonlardaki topraklar tarla kapasitesinde iken şeker pancarı için tavsiye edilen toplam azot miktarı olan 240 kg ha^{-1} NH_4NO_3 formunda çözelti şeklinde tüm kolonlara damla damla uygulanmıştır. Denemede şeker pancarının üretim sezonu boyunca tükettiği rapor edilen 875 mm 'lik su (Poçan, 2008) 6 sulama dönemi simüle edilerek 4 gün arayla yaklaşık 146 mm su bütet yardımı ile farklı noktalardan damla şeklinde homojen olarak uygulanmıştır.

Her bir sulamada kolonlardan damla şeklinde sızan sular kolonların altına yerleştirilen kaplara toplanmış ve analiz yapılana kadar buzdolabında bekletilmiştir. Yıkama denemeleri tamamlandığında, toplanan süzüklerin pH ve EC değerleri ölçülmüş ve süzüklerin NO_3^- ve NH_4^+ konsantrasyonları belirlenmiştir. Süzüklerdeki NO_3^- ve NH_4^+ konsantrasyonları Kheldal distilasyon ünitesinde Bremner ve Keeney (1965) tarafından geliştirilen ve Sparks (1996) tarafından tanımlanan yöntemle uygun bir şekilde yapılmıştır.

Altı yıkama sonunda kolonlardaki topraklar dikkatli bir şekilde kaplara ayrılmış ve NO_3^- ve NH_4^+ konsantrasyonlarının

belirlenmesi için örneklenmişlerdir. Toprak örnekleme için herbir kolonda bulunan toprak plastik bir kaba boşaltılmış ve el ile toprak karıştırılarak toprak örnekleme yapılmıştır. 2 N KCl ile ekstrakte edilen toprak numunelerinde NO_3^- ve NH_4^+ okumaları kjeldahl buhar destilasyon cihazında yapılmıştır (Bremner, 1965). Kolonlardaki toprakların ayrıca pH ve EC değerleri de ölçülmüştür.

İstatistiksel Analizler

Farklı dozlardaki biyokömür uygulamalarından elde edilen süzüklerin NO_3^- ve NH_4^+ konsantrasyonları ile pH ve EC değerlerine ait tanımlayıcı istatistik verileri hesaplanmıştır. Ayrıca farklı biyokömür dozlarının belirlenen özelliklere etkileri arasındaki farkların önemli olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Uygulamalara ait homojenlik testi ise DUNCAN gruplaması yapılarak tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 21.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Artan biyokömür dozları yıkama sonrasındaki toplanan süzükteki nitrat (NO_3^-) konsantrasyonunu istatistiksel olarak önemli düzeyde azaltmasına rağmen ($p < 0.05$) amonyum (NH_4^+) konsantrasyonunda önemli bir değişkenliğe neden olmamıştır. Biyokömür uygulamasının yapılmadığı kontrol kolonlarında ortalama NO_3^- konsantrasyonu 127.39 mg/kg iken bu değer %1, %3 ve %6 biyokömür uygulamaları ile ortalama olarak, sırası ile 97.0, 83.39 ve 93.14 mg/kg seviyelerine kadar düşmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Biyokömür uygulamaları ile yıkama kolonlarından toplamda sızan suyun azot (NO_3^- ve NH_4^+) konsantrasyonları, pH ve EC değerleri.

Table 2. Nitrogen (NO_3^- and NH_4^+) concentrations, pH and EC values of leachate from leaching columns in biochar treatments.

		Birim Unit	En Düşük Minimum	En Yüksek Maximum	Ortalama Mean	Std. Sapma Std. Dev.	CV CV	Yatıklık Tilt
Kontrol Control	NH_4^+	mg kg ⁻¹	9.80	18.20	13.03a	2.66	20.41	0.68
	NO_3^-	mg kg ⁻¹	74.00	182.00	127.39a	28.23	22.16	-0.41
	pH		7.84	8.51	8.18a	0.19	2.35	-0.10
	EC	$\mu\text{S m}^{-1}$	325.00	809.00	518.61a	132.70	25.59	0.71
%1 Biyokömür Biochar	NH_4^+	mg kg ⁻¹	8.90	18.70	12.60a	2.98	23.68	0.91
	NO_3^-	mg kg ⁻¹	64.00	148.00	97.00b	28.24	29.11	0.31
	pH		7.96	8.64	8.29ab	0.20	2.38	-0.14
	EC	$\mu\text{S m}^{-1}$	460.00	836.00	610.28a	101.71	16.67	0.73
%3 Biyokömür Biochar	NH_4^+	mg kg ⁻¹	7.50	24.70	12.99a	4.11	31.61	1.76
	NO_3^-	mg kg ⁻¹	62.00	115.00	83.39b	16.13	19.34	0.56
	pH		8.05	8.74	8.37b	0.19	2.22	0.28
	EC	$\mu\text{S m}^{-1}$	838.00	1222.00	947.44b	103.52	10.93	1.64
%6 Biyokömür Biochar	NH_4^+	mg kg ⁻¹	9.80	27.50	13.97a	4.32	30.95	2.00
	NO_3^-	mg kg ⁻¹	80.00	119.00	93.14b	9.60	10.30	1.05
	pH		7.46	8.68	8.14a	0.35	4.28	-0.69
	EC	$\mu\text{S m}^{-1}$	2.34	2159.00	1296.78c	556.11	42.88	-1.24

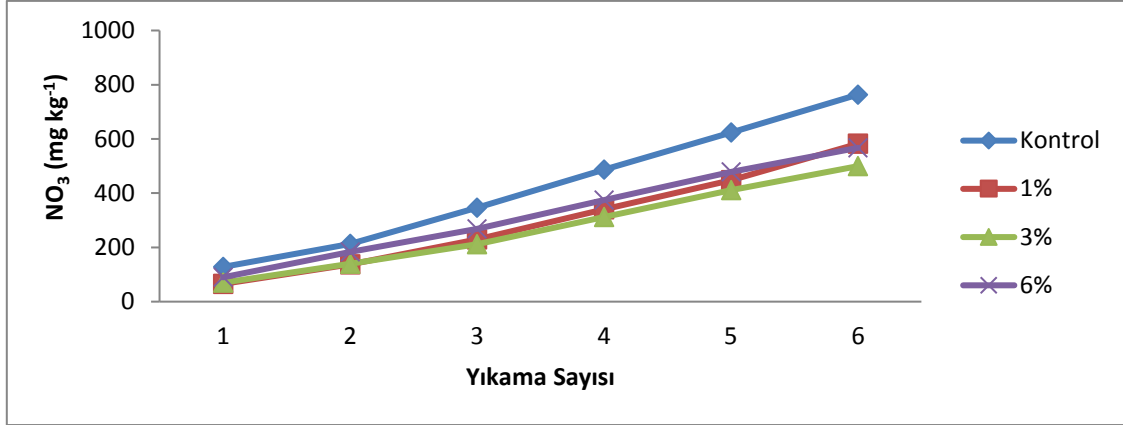
* CV: Varyasyon Katsayısı (%)

Aynı özellik için farklı harfler farklılığın %5 düzeyinde önemli olduğuna işaret etmektedir.

Şekil 1 ve 2 incelendiğinde biyokömür uygulaması ile birlikte uygulanan nitratın önemli bir kısmının sızan suya geçmediği görülmektedir. İlk yıkanma olayında kontrol uygulamasından önemli düzeyde nitrat yıkanmış olmasına rağmen biyokömür uygulamalarının olduğu kolonlardan sızan suların nitrat konsantrasyonlarının nispeten daha düşük olduğu görülmektedir. Sonraki yıkanma olaylarında da kolonlardan sızan sulara çoğunlukla kontrol uygulamasında yoğun bir nitrat yıkanması yaşanmıştır. Nitrat yıkanmasını en fazla engelleyen biyokömür dozunun %3'lük uygulama olduğu görülmektedir. Beşinci yıkamadan itibaren %1'lik biyokömür dozunun olduğu kolonlardaki yıkanma kontrol kolonlarına yaklaşmıştır. Bu dönemde %3 ve %6 biyokömür dozlarının bulunduğu kolonlardan

sızan sularda nispeten çok daha düşük miktarlarda nitrat yıkanması olduğu tespit edilmiştir.

Toplam yıkanan NO_3^- konsantrasyonu kontrol uygulamasında en yüksek (763.5 mg kg⁻¹), bunu azalan miktarlarda sırası ile %1 biyokömür (582.2 mg kg⁻¹), %6 biyokömür (567.3 mg kg⁻¹) ve %3 biyokömür uygulaması (499.7 mg kg⁻¹) takip etmiştir. En yüksek doz olan %6 biyokömür uygulamasında kontrol uygulamasına göre % 25.7 ve %1 biyokömür dozunda ise % 23.5 oranında daha az NO_3^- yıkanması gerçekleşmiştir. Nitrat yıkanmasının engellenmesinde en etkili biyokömür dozunun kontrol uygulamasına göre nitratın %34.5 oranında daha az yıkandığı %3 biyokömür dozu olduğu görülmüştür.

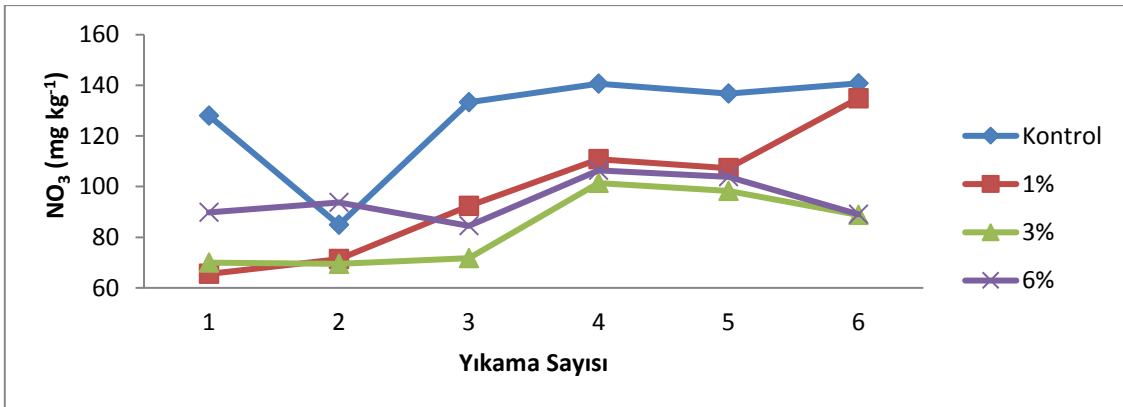


Şekil 1. Farklı dozlarda biyokömür uygulamaları ile kolonlardan yıkanan çözeltilerdeki toplam nitrat (NO_3^-) konsantrasyonları

Figure 1. Total nitrate (NO_3^-) concentrations in the solutions leached from the columns of biochar applications at different doses

Her bir yıkama olayında toplanan süzüklerdeki nitrat konsantrasyonları Şekil 2'de gösterilmiştir. Kontrol uygulamasında her yıkama (ikinci yıkama hariç) olayında biyokömür uygulanan kolonlara göre daha yüksek miktarda nitrat yıkanmıştır. Yıkanan nitrat miktarı ikinci yıkama sonunda hızla artmış ve sonraki yıkamalarda NO_3^- konsantrasyonu nispeten sabit kalmıştır. Başlangıçta kontrol uygulaması ile oldukça büyük NO_3^- konsantrasyonu olan %1 biyokömür uygulamasından sonraki yıkamalarda yoğun bir NO_3^- yıkanması

gerçekleşmiştir. Yıkanan miktar 5. yıkamadan sonra hemen hemen kontrol uygulamasına yaklaşmıştır. Bunun nedeni Kanthle ve ark. (2016)'nın da belirttiği gibi anyonu tutan bölgelerin tamamen dolması ve daha fazla NO_3^- tutamaması şeklinde açıklanabilir. Ancak bunun tam tersi bir durum %3 ve %6 biyokömür uygulamalarında görülmüştür. Artan biyokömür dozları ile NO_3^- 'in bağlanacağı yüzeylerin artmış olması özellikle 5. yıkama olayından sonra NO_3^- 'in daha az yıkanmasına neden olmuştur.

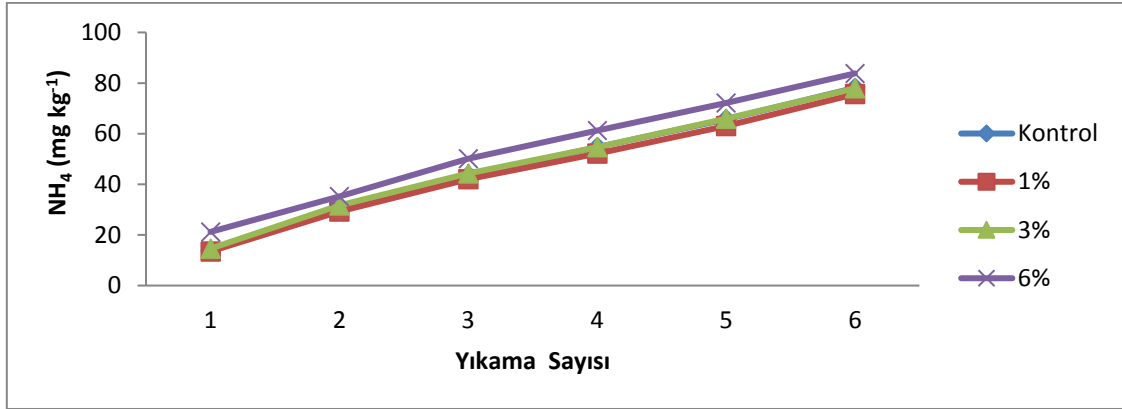


Şekil 2. Farklı dozlarda biyokömür uygulamaları ile kolonlardan her sulama ile yıkanan çözeltilerdeki nitrat (NO_3^-) konsantrasyonları

Figure 2. Concentrations of nitrate (NO_3^-) in the solutions leached following each irrigation from the columns of biochar applications at different doses

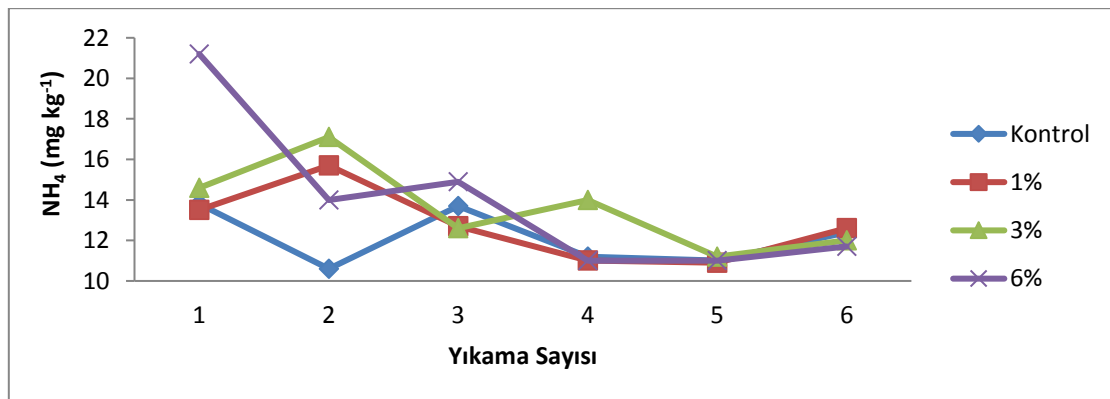
Biyokömür uygulamaları kolonlardan yıkanan NH_4^+ miktarını önemli düzeyde etkilememiştir. Altı yıkama sonunda yıkanan toplam NH_4^+ miktarları kontrol ve biyokömür uygulamaları için sırası ile 78.1 (Kontrol), 75.6 (%1 biyokömür), 77.9 (%3 biyokömür) ve 83.8 (%6 biyokömür) şeklinde olmuştur. Sika ve Hardie (2014), altı hafta boyunca biyokömür uygulamalarının olduğu kumlu bir topraktan yıkanan toplam NO_3^- ve NH_4^+ miktarlarının kontrole göre önemli düzeyde azaldığını rapor etmiştir. Bu çalışmada ise toprakta, NO_3^- yıkanması kontrol uygulamasına göre önemli düzeyde azalırken,

NH_4^+ konsantrasyonunun ise uygulamalar arasında önemli düzeyde değişmediği görülmüştür (Çizelge 2 ve Şekil 3). Toplam amonyum konsantrasyonunun deneme boyunca değişimi incelendiğinde, kontrol uygulaması ile biyokömür uygulamaları arasında önemli bir fark olmadığı, beklenen tam aksine en yüksek biyokömür dozunun olduğu uygulamada sızan suyun NH_4^+ miktarının diğer uygulamalardan bir miktar da yüksek olduğu görülmektedir. Ancak uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmamıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Farklı dozlarda biyokömür uygulamaları ile kolonlardan yıkanan çözeltilerdeki toplam amonyum (NH_4^+) konsantrasyonları

Figure 3. Total ammonium (NH_4^+) concentrations in the solutions leached from the columns of biochar applications at different doses

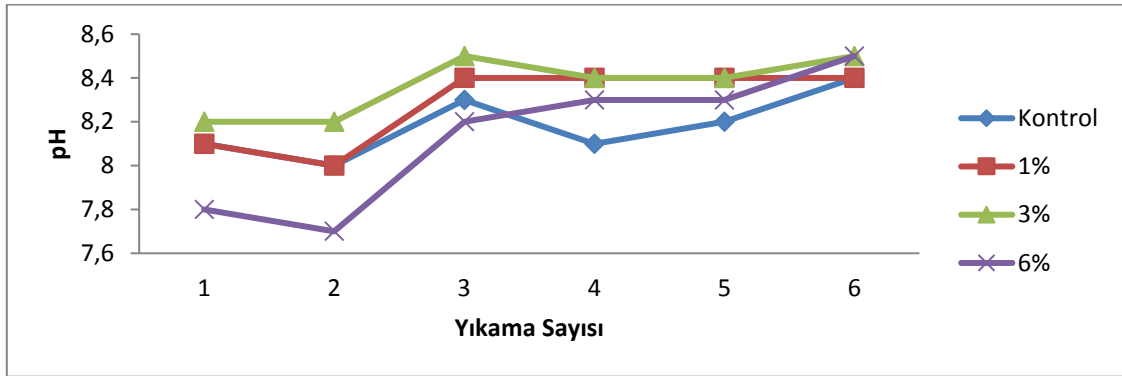


Şekil 4. Farklı dozlarda biyokömür uygulamaları ile kolonlardan her sulama ile yıkanan çözeltilerdeki amonyum (NH_4^+) konsantrasyonları

Figure 4. Concentrations of ammonium (NH_4^+) in the solutions leached following each irrigation from the columns of biochar applications at different doses

Biyokömür uygulamaları sızan suların pH ve EC değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiştir. Biyokömür materyalinin pH değeri 11.6 olmasına rağmen en yüksek biyokömür uygulamasının olduğu kolonlardan ilk yıkama sonunda sızan suların ortalama pH değerlerinin diğer uygulamalardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu değer ilerleyen yıkama sürecinde hızla artmış ve deneme sonunda sızan suların ortalama pH

değerleri tüm kolonlarda hemen hemen eşitlenmiştir (Şekil 5). Toprağa uygulanan biyokömürün etkileri zaman içerisinde artmaktadır. Cheng ve Lehmann (2009), 12 ay süreli kontrollü inkübasyon koşullarında aerobik ortamda biyokömüre dönüştürülen meşe parçalarının yüzeyinde fonksiyonel grupların, pH'nın ve negatif yüklerin arttığını göstermişlerdir.

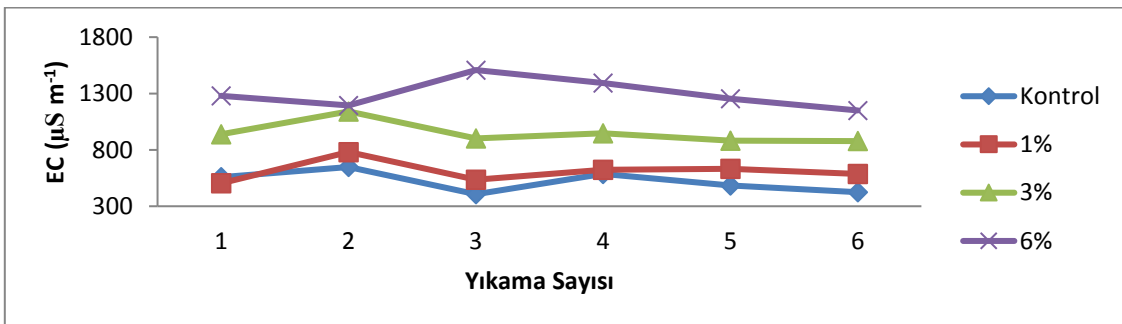


Şekil 5. Farklı dozlarda biyokömür uygulamaları ile kolonlardan her sulama ile yıkanan çözeltilerdeki ortalama pH değerleri

Figure 5. Average mean pH values of the solutions leached from the columns of biochar applications at different doses

Sızan suların EC değerlerinin en yüksek olduğu uygulama denemenin tamamında en yüksek biyokömür dozu olan %6 olmuştur. Bunu sırası ile %3 ve %1 biyokömür uygulamaları takip etmiştir. Deneme boyunca en düşük EC değerleri ise kontrol

uygulamalarında elde edilmiştir. %6'lık biyokömür uygulamasında EC değeri 3. yıkamada en yüksek değerine ulaşmış, sonraki yıkamalarda ise hafif bir şekilde azalmıştır (Çizelge 2 ve Şekil 6).



Şekil 6. Farklı dozlarda biyokömür uygulamaları ile kolonlardan her sulama ile yıkanan çözeltilerdeki ortalama elektriksel iletkenlik (EC) değerleri

Figure 6. Average mean EC values of the solutions leached from the columns of biochar applications at different doses

Denemenin başlangıcında olduğu gibi kontrol ve %1'lik biyokömür uygulamalarındaki EC değerleri. %6 biyokömür dozundaki EC değerinin yaklaşık yarısı olarak bulunmuştur. Bu durum, Sika ve Hardie (2014) ve Yuan ve ark. (2011) tarafından uygulanan biyokömürün kül fraksiyonunun inorganik bileşenlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Denemede kullanılan biyokömür materyalinin kendisinin de oldukça önemli düzeyde Ca (86.23 g kg⁻¹), K (34.31 g/kg) ve Mg (17.51 g kg⁻¹) konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Deneme Sonu Kolonlardaki Toprakların Özellikleri

Deneme sonunda kolonlardaki toprakların NH₄⁺ ve NO₃⁻ konsantrasyonları ile pH ve EC değerlerinin belirlenmesi amacı ile toprak örnekleri alınmış ve analizleri yapılmıştır (Çizelge 3). Farklı biyokömür dozlarının uygulandığı kolonlarda kalan toprakların ortalama NH₄⁺ konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Ancak, aynı toprakların NO₃⁻ konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğu görülmektedir. Artan biyokömür dozu ile birlikte toprakta tutulan NO₃⁻ miktarında önemli bir artış bulunmaktadır. Başlangıçta her kolona aynı azot konsantrasyonu verilmiş olmasına rağmen, biyokömürün gözenekli ve yüksek yüzey alanına sahip olan yapısı NO₃⁻'in toprakta tutunmasını sağlamıştır.

Çizelge 3. Yıkama sonrası kolonlarda kalan toprakların azot (NO₃⁻ ve NH₄⁺) konsantrasyonları, pH ve EC değerleri

Table 3. The concentrations of nitrogen (NO₃⁻ ve NH₄⁺), pH and EC values of the soil in leaching columns

		Birim Unit	En Düşük Minimum	En Yüksek Maximum	Ortalama Mean	Std. Sapma Std. Dev.	CV CV	Yatıklık Tilt
Kontrol Control	NH ₄ ⁺	mg kg ⁻¹	1333.00	1799.00	1530.33a	241.05	15.75	1.22
	NO ₃ ⁻	mg kg ⁻¹	5899.00	8082.00	6950.33a	1093.71	15.74	0.33
	pH		8.19	8.33	8.26a	0.07	0.85	0.00
	EC	µS m ⁻¹	125.90	134.70	130.93a	4.53	3.46	-1.16
%1 Biyokömür Biochar	NH ₄ ⁺	mg kg ⁻¹	1304.00	1470.00	1363.33a	92.57	6.79	1.70
	NO ₃ ⁻	mg kg ⁻¹	6825.00	8432.00	7841.67ab	884.27	11.28	-1.67
	pH		8.42	8.56	8.47b	0.08	0.92	1.70
	EC	µS m ⁻¹	152.20	192.50	178.40b	22.71	12.73	-1.72
%3 Biyokömür Biochar	NH ₄ ⁺	mg kg ⁻¹	1461.00	1921.00	1667.33a	233.62	14.01	0.87
	NO ₃ ⁻	mg kg ⁻¹	8423.00	9359.00	8825.33bc	481.62	5.46	1.14
	pH		8.64	8.69	8.66c	0.03	0.33	1.73
	EC	µS m ⁻¹	188.80	212.60	200.90b	11.91	5.93	-0.15
%6 Biyokömür Biochar	NH ₄ ⁺	mg kg ⁻¹	1408.00	1616.00	1504.33a	104.84	6.97	0.64
	NO ₃ ⁻	mg kg ⁻¹	9286.00	9709.00	9532.00c	219.78	2.31	-1.27
	pH		8.86	8.91	8.88d	0.03	0.28	0.59
	EC	µS m ⁻¹	287.00	303.00	295.00c	8.00	2.71	0.00

* CV: Varyasyon Katsayısı (%)

Aynı özellik için farklı harfler farklılığın %5 düzeyinde önemli olduğuna işaret etmektedir.

Deneme sonunda, uygulanan biyokömür materyalinin yüksek pH'sının (biyokömür pH: 11.6) etkisinden dolayı doz artışı ile birlikte pH'nın da arttığı görülmektedir. Bu artış istatistiksel olarak önemli düzeydedir. Benzer şekilde doz artımı ile birlikte EC değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuçlar

Çalışma sonuçları; lokal olarak temin edilmesi mümkün olan domates üretimi hasat atıklarından üretilen biyokömürün orta bünyeye sahip bir toprağa uygulanmasının azotlu gübredeki nitratın önemli bir kısmını toprakta tutabildiğini göstermiştir. Nitrate oranla daha düşük konsantrasyonlarda yıkanan NH_4^{+} 'un miktarında ise biyokömür uygulamaları ile birlikte önemli bir değişkenlik görülmemiştir. Biyokömür olarak üretilmedikleri takdirde, üretici tarafından tarlada yakılarak veya tarla veya drenaj kanalları etrafında çürümeye terk edilen hasat atıklarının çevreye dost bir ürüne dönüştürülmesi ile üreticinin uyguladığı gübreden de daha etkin faydalanması sağlanabilecektir.

Bu sonuçlar, biyokömür uygulamalarının tarım arazilerinden azotun nitrat formunda yıkanmasını önemli ölçüde düşürebileceğine işaret etmektedir. Biyokömür uygulamaları ile azotun yıkanmasının önemli ölçüde azaltılması hem yer altı sularının nitrat bakımından zenginleşmesinin önlenmesi hem de uygulanan gübreden kültür bitkilerinin daha fazla faydalanması açısından önemlidir.

Kaynaklar

Al-Wabel, M.I., Al-Omran, A., El-Naggar, A.H., Nadeem, M., Usman, A.R.A., 2013. Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition

- of biochar produced from conocarpus wastes. *Bioresour. Technol.* 131, 374–379.
- Bremner, J. M., 1965. Total nitrogen. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methods of soil)*, 1149-1178.
- Bremner, J. M., Keeney, D. R., 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica chimica acta*, 32, 485-495.
- Cheng, C., Lehmann, J., 2009. Ageing of black carbon along a temperature gradient, *Chemosphere* 75 1021–1027.
- Deenik, J.L., Mc Clellan, T., Uehara, G., Antal, M.J., Campbell, S., 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74, 1259–1270.
- Downie, A., Crosky, A., Munroe, P., 2009. Physical Properties of Biochar. In Lehmann, J. & Joseph, S. (Eds.) *Biochar for environmental management. science and technology.* (pp. 1332). Earthscan. London.
- Fernández-Escobar, R., Benlloch., M., Herrera, E., García-Novelo, J.M., 2004. Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. *Sci. Hort.* 101:39–49. doi:10.1016/j.scienta.2003.09.008.
- Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biol. Fert. Soils* 35, 219–230.
- Günel, H., Bayram, Ö., 2016. Farklı Bitkisel Atıklardan Üretilen Biochar'ların Bazı Fiziksel ve Kimyasal özelliklerinin Belirlenmesi. GOÜ Araştırma Fonu Projesi. Proje No: 2015/79.
- İlbaş, A.İ., Günel, E., Yıldırım, B., Arslan, B., 1996. Farklı azotlu gübre seviyeleri ile şeker pancarının verimi arasındaki ilişkinin incelenmesi, doğal ve ekonomik optimum azot seviyesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1), 97-113.
- Hardie, M. A., Oliver, G., Clothier, B. E., Bound, S. A., Green, S. A., Close, D. C., 2015. Effect of biochar on nutrient leaching in a young apple orchard. *Journal of environmental quality*, 44(4), 1273-1282.
- Kameyama, K., Miyamoto, T., Shiono, T., Shinogi, Y., 2012. Influence of sugarcane bagasse-derived biochar application on nitrate

- leaching in calcareous dark red soil. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1131-1137.
- Kanthle, A. K., Lenka, N. K., Lenka, S., Tedia, K., 2016. Biochar impact on nitrate leaching as influenced by native soil organic carbon in an Inceptisol of central India. *Soil and Tillage Research*, 157, 65-72.
- Knowles, O.A., Robinson, B.H., Contangelo, A., Clucas, L., 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. *Sci. Total Environ.* 409, 3206–3210.
- Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., Karlen, D., 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158, 436–442.
- Lehmann, J., Czimczik, C., Laird, D., Sohi, S., 2009. Stability of biochar in the soil. In Lehmann, J. Joseph, S. (Eds.) *Biochar for environmental management. science and technology.* (pp. 182-205). Earthscan. London
- Mukherjee, A., Lal, R., Zimmerman, A.R., 2014. Mukherjee, Atanu, Rattan Lal, and Andrew R. Zimmerman. "Impacts of biochar and other amendments on soil-carbon and nitrogen stability: A laboratory column study." *Soil Science Society of America Journal* 78.4 (2014): 1258-1266.
- Poçan, M., 2008. Farklı sulama aralıklarında sulamanın şeker pancarının verim ve kalitesi üzerine etkisi. Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ss. 49.
- Sika, M.P., Hardie, A. G., 2014. Effect of pine wood biochar on ammonium nitrate leaching and availability in a South African sandy soil. *European journal of soil science.* 65(1). 113-119.
- Sparks, D., 1996. *Methods of soil analysis: chemical methods, Part-3.* Soil Sci. Soc.Am. 1390.
- Yuan, J. H., Xu, R. K., Zhang, H., 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresource technology*, 102(3), 3488-3497.