

## Tınlı Bünyeli Topraklarda Uygulanan Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) Sert Dış Kabuğu Biyokömürünün Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) Yıkanması Üzerine Etkileri

Salih AYDEMİR<sup>1\*</sup>, Zemzem FIRAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Şanlıurfa

\*Sorumlu Yazar (Corresponding author): aydemirsalih15@gmail.com

### Özet

Bu çalışmada, tınlı bünyeli toprakta farklı dozlarda (% 0 (kontrol), % 1.5 ve % 3) uygulanan Antepfıstığı sert dış kabuğu biyokömürünün (FDB) (Nitrat)  $\text{NO}_3^-$  ve (Amonyum)  $\text{NH}_4^+$  yıkanması üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu deneme deseninde 3 tekerrürlü planlanan kolon denemesinde amonyum ve nitrat kaynağı olarak amonyum nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) ( $16 \text{ kg N da}^{-1} \text{ kolon}^{-1}$ ) kullanılmış; artan dozlarda FDB (% 0-kontrol; % 1.5 ve % 3.0) uygulanmıştır. Yıkama toplam 6 hafta sürmüş, haftalık 750 ml su kolon<sup>-1</sup> verilmiştir; süzüklerde haftalık biriktirilerek içerdikleri  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonları belirlenmiştir. Yıkama işleminin tamamlanmasının ardından kolonlardaki toprak örneklerinde de  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular, FDB uygulama dozlarının artması ile süzüklerdeki  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonlarının azalış gösterdiği belirlenmiştir. Bu azalış % 1.5 ve % 3 dozları için sırasıyla % 51.45 ve % 16.21 oranlarında bulunmuştur. Yıkama sonrası kolon topraklarının  $\text{NO}_3^-$  tutulması % 1.5 dozunda % 87.5, % 3 dozunda ise % 93.75 oranında hesaplanmıştır. Artan dozlarda FDB uygulamalarının süzüklerdeki  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonlarına etkisi incelendiğinde;  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonlarının % 1.5 ve % 3.0 dozlarında sırasıyla % 90.10 ve % 32.23 oranında azalmıştır. Yıkama sonrası kolon topraklarında  $\text{NH}_4^+$  tutulması ise % 1.5 dozunda % 87.5 ve % 3.0 dozunda ise % 106.67 oranında artmıştır. Sonuç olarak Antepfıstığı sert dış kabuğu biyokömürünün her iki dozda (% 1.5 ve % 3.0) süzüklerdeki  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonlarını önemli ölçüde azaltmış, yıkanma ile kayıp oranlarını da önemli ölçüde azaltmıştır.

### Effects of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Hard Outer Shell Biochar Applied on Loamy Textured Soils on Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) Leaching

#### Abstract

In this study, the effects of pistachio (*Pistacia vera* L.) hard shell biochar (FDB) applied at different doses (0% (control), 1.5% and 3%) in loamy soil on (Nitrate)  $\text{NO}_3^-$  and (Ammonium)  $\text{NH}_4^+$  leaching were investigated. In this trial design, ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) ( $16 \text{ kg N da}^{-1} \text{ column}^{-1}$ ) was used as ammonium and nitrate source in the planned column experiment with 3 repetitions; increasing doses of FDB (0%-control; 1.5% and 3.0%) were administered. The total flushing took 6 weeks, 750 ml of water column<sup>-1</sup> was given weekly; The  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  accumulations in the filters were determined by collecting them weekly. After the washing was disrupted,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  analyzes were performed on the soil samples in the columns. The findings obtained showed that  $\text{NO}_3^-$  concentrations in the filters decreased with increasing FDB application doses. This decrease was found to be 51.45% and 16.21% for 1.5% and 3% doses, respectively.  $\text{NO}_3^-$  retention of column soils after washing was calculated as 87.5% at 1.5% dose and 93.75% at 3% dose. When the effect of increasing doses of FDB applications on  $\text{NH}_4^+$  concentrations in the filters was examined;  $\text{NH}_4^+$  concentrations decreased by 90.10% and 32.23% at 1.5% and 3.0% doses, respectively.  $\text{NH}_4^+$  retention in column soils after washing increased by 87.5% at 1.5% dose and 106.67% at 3.0% dose. As a result, pistachio hard shell biochar significantly reduced the  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  concentrations in the leachates at both doses (1.5% and 3.0%), and also significantly reduced the loss rates through leaching.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :22.07.2023  
Kabul Tarihi :28.08.2023

#### Anahtar Kelimeler

$\text{NO}_3^-$   
 $\text{NH}_4^+$   
biyokömür  
yıkanma  
yüzey ve yeraltı su kirliliği

### Research Article

#### Article History

Received :22.07.2023  
Accepted :28.08.2023

#### Keywords

$\text{NO}_3^-$   
 $\text{NH}_4^+$   
biochar  
leaching  
surface and groundwater  
pollution

## 1. Giriş

Birim alandan daha fazla ürün elde etme ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu durum yüksek oranda gübre uygulamalarını gerektirmektedir (Fernández-Escobar ve ark., 2004).

Topraklara uygulanan aşırı dozlardaki azotlu (N) gübreler, yıkanmanın etkisi ile birlikte başta N olmak üzere besin elementlerinin yüksek oranlarda yeraltı sularına karışmasına neden olmaktadır (Gao Yurong ve ark., 2022). Besin elementinin topraktan yıkanması toprakları verimsizleştirmekte, çiftçi için maddi kayıplara neden olmakta, ürün verimini azaltmakta ve çevre sağlığını tehdit etmektedir (Tian ve ark., 2018). Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), bir anyon olduğu için toprakta tutulabilmesi güç olmakta ve suyun akışıyla ortamdan kolayca sızarak uzaklaşabilmektedir. Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) iyonu ise  $\text{NO}_3^-$  iyonuna oranla daha güçlü tutulabilmekle birlikte; kısmen de olsa yıkanma ile yeraltına sızarak N kayıplarına sebep olmaktadır (Xu ve ark., 2010; Svoboda ve ark., 2013). Bu gibi durumlarda özellikle nitratın bitki kök bölgesinden yıkanıp yeraltı sularına karışması su içinde kalite problemini ortaya çıkarmaktadır. Yüksek konsantrasyonlardaki  $\text{NO}_3^-$  hem su kütlelerinin ekosistemine zarar vermekte hem de insan sağlığını tehdit etmektedir. Tarımsal anlamda ise üreticinin girdi (gübre, işgücü vb.) maliyetini artırmaktadır (Zhang ark., 2012). Tüm bu nedenlerden ötürü tarım alanlarından sulama ve/veya yağış sonrası sızan sulardaki özellikle  $\text{NO}_3^-$  miktarının azaltılması ve  $\text{NH}_4^+$  kayıplarının da önlenmesi oldukça önemli ve gerekli bir yaklaşımdır. Bu amaçla kullanılan materyallerden biri olan biyokömür; bitkisel ve hayvansal kökenli atıkların oksijensiz veya çok az oksijenli ortamda yüksek sıcaklıklarda değişime uğratılmasıyla üretilen karbonca zengin, ayrışmaya dayanıklı ve gözenekli yapıya sahip bir materyaldir. Biyokömür, toprak

verimliliğinin ve toprakların organik madde içeriğinin iyileştirilmesi, ağır metallerin su ve topraktan uzaklaştırılması ve gübre yıkanmalarının olumsuz etkilerinin azaltılması açısından kullanılabilir uzun vadede etkilerini devam ettirecek materyal olarak öngörülmüş ve dünyanın pek çok yerinde çalışmalarda kullanılmıştır (Lehmann ve ark., 2003; Ni ve ark., 2006; Winsley, 2007; Steiner ve ark., 2008; Liffie, 2009; Saygan ve Aydemir, 2016). Özellikle yıkanmaya bağlı N kayıplarını azaltmaya yönelik birçok çalışma yapılmış ve bu amaçla farklı biyokömür materyalleri kullanılmıştır. Zhang ve ark. (2021) yaptıkları bir kolon yıkama çalışmasında, Moutai less (Moutai tortusundan elde edilen biyokömür) biyokömürünün 5 farklı doz (% 0, % 0.5, % 1, % 2 ve % 4) uygulamalarının topraktaki toplam N ve  $\text{NO}_3^-$  içeriğini önemli ölçüde artırdığını gözlemlemişlerdir. Öyle ki kontrol dozu (biyokömür % 0) ile karşılaştırıldığında biyokömür uygulamalarının N' lu gübre tutma oranını % 50 - % 95'e kadar yükselttiğini bulmuşlardır. Başka bir çalışmada, Mangrov (*Mangrove rivulus*) bitkisinden elde edilen biyokömür materyalinin farklı dozları (% 0, % 0.5, % 1, % 2 ve % 8) karides havuzu tortusundaki N kayıplarını önlemek amaçlı yapılan bir kolon yıkama denemesinde uygulanmış ve sonuçta % 8 dozunun N kaybını en fazla azaltan oran olduğu belirlenmiştir (Be Sokkeang ve ark., 2021). Bu çalışmada uygulanan biyokömür materyalinin N yıkanmasını azaltarak çevre kirliliğini azalttığı rapor edilmiştir.

Biyokömürün orta bünyeli topraklara uygulanması ile kation değişim kapasitesi ve beraberinde tüm sorpsiyon kapasitesinin artmasını sağladığı; böylece besin elementlerinin ve diğer zararlı kimyasalların yıkanıp uzaklaşmasını engellediği görülmektedir (Laird ve ark., 2008). Kumlu tın bünyeli bir toprakta buğday (*Triticum aestivum*) samanından elde edilen biyokömür saksı denemesi

yapılarak üç farklı dozda (% 0, % 1 ve % 3) uygulanmıştır. Çalışma sonuçları göstermiştir ki, biyokömür uygulaması % 3 dozunda kümülatif nitrat kaybını % 78 - % 93 oranlarında azaltmıştır (Purkaystha Joba ve ark., 2022). Oladele ve ark. (2022) yaptıkları saksı ve inkübasyon çalışmasında, iki farklı biyokömür (hayvan altlığı biyokömürü ve odun yoncası(talaş) ile elde edilen biyokömür) çeşidi kullanmışlardır. Deneme sonrasında her iki biyokömür materyalinin de N kaybını azaltmada etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Yapılan 2 yıllık bir tarla çalışmasında, iki farklı bünyeye sahip (milli tın ve kumlu tın) toprağa N' lu gübre ve biyokömür uygulamışlardır. Her iki toprakta da biyokömür uygulamalarının organik karbonu artırma yönünde etki ettiği fakat  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ' u artışının sadece kumlu tın bünyeli topraklarda artış gösterdiğini rapor etmişlerdir (Omara ve ark., 2022).

Birbirlerine yönetsel olarak oldukça benzerlik gösteren iki farklı kolon yıkama çalışmasında; tütün sapı ve zeytin posası (Fırat, 2021) ile pamuk sapı ve mısır koçanı (Ünsal, 2021) kullanılarak elde edilen biyokömür materyalleri % 0, % 1.5 ve % 3 dozlarında uygulanarak  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  yıkanması açısından etkileri araştırmışlardır. Tütün sapı kullanılarak elde edilen biyokömürün % 1.5 dozunda uygulanması sonucunda, yıkanma ile  $\text{NH}_4^+$  kayıpları kontrol (% 0) grubuna göre % 89 oranında azalış gösterirken; % 3'lük doz uygulaması ile yine kontrole göre % 98'lik bir azalış göstermiştir.  $\text{NO}_3^-$  yıkanma kayıpları ise % 1.5 doz uygulaması ile, kontrol (% 0) grubuna göre % 53 oranında azalış gösterirken, % 3 doz uygulamasında kontrol grubuna göre % 66 oranında azalış göstermiştir. Aynı araştırma kapsamında yer alan, zeytin posası ile elde edilen biyokömür uygulamalarının test edildiği denemede ise;  $\text{NH}_4^+$  kayıplarının % 1.5 doz

uygulanmasında kontrol (% 0) uygulamasına göre % 82 oranında azalış; % 3 doz uygulamasında ise kontrol grubuna göre % 90 oranında azalış belirlenmiştir. Ayrıca yine bu çalışmada % 1.5 ve % 3 doz uygulamaları ile yıkanmaya bağlı  $\text{NO}_3^-$  kayıplarının kontrol grubuna göre sırasıyla % 35 ve % 43 oranında azaltıldığı bildirilmiştir (Fırat, 2021). Mısır koçanı kullanılarak elde edilen biyokömürün % 1.5 dozunda uygulanması sonucunda, yıkanma ile e kontrol grubuna göre % 32 oranında azalış gösterirken, % 3 dozunda uygulanması sonucunda % 47 oranında yıkanma kayıplarını azalttığı gözlemlenmiştir. Kolon sonrası toprak örneklerinde pamuk sapı biyokömürü için  $\text{NH}_4^+$  içerikleri % 1.5 dozunda uygulanması sonucunda kontrol grubuna göre % 19 oranında azalış, %3 dozunda uygulanması ile % 12 oranında azalış göstermiştir.  $\text{NO}_3^-$  kayıplarında ise mısır koçanı biyokömürü için % 1.5 dozunda uygulanması ile kontrol grubuna göre % 45 oranında azalış, % 3 dozunda da % 50 oranında azalış olduğu belirlenmiştir (Ünsal, 2021).

Bu çalışmada antepfıstığı sert dış kabuğu atıklarından elde edilen biyokömür uygulamalarının % 0 (kontrol), % 1.5 ve % 3 dozlarının tınlı bünyeli bir toprakta  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  yıkanmasına olan etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında 2019 yılında sıcaklık kontrollü koşullarda yürütülmüştür.

Deneme toprağı Adıyaman il merkezin bağlı bir arazinin 0-30 cm derinliğinden alınmış olup, toprağa ait bazı özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneme toprağına ait bazı özellikler

pH (1:2,5)	EC (1:2,5) (dS m <sup>-1</sup> )	Su Tutma Kapasitesi (%)	Gravimetrik Nem (%)	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	Bünye
8.874	101	5.03	7.41	44.4	Tın

Deneme materyali olarak Saygan (2017) tarafından antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) sert dış kabuğı kullanılarak elde edilen

biyokömür (FDB) kullanılmıştır. Tablo 2 ve Tablo 3 'te araştırmada kullanılan FDB' ye ait bazı özellikler sunulmaktadır.

**Tablo 2.** Denemede kullanılan biyokömürün (FDB) bazı özellikleri

Biyokömür	Su Tutma Kapasitesi		KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )		Toplam C		Toplam N		Toplam H	
	%		%		%		%		%	
FDB	3.92		31.05		59.14		0.33		2.45	
	B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>									
	0.57	1064.46	0.35	311.96	556.8	163.56	3.41	89.15	18.81	13.31

Denemede NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kaynağı olarak amonyum nitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, % 33 N) gübresi kullanılmıştır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Deneme deseni ve uygulama dozları

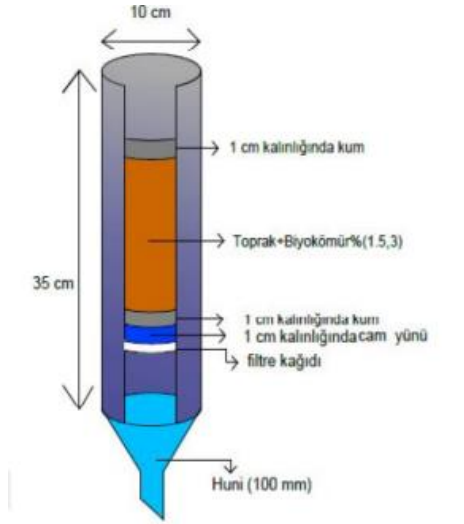
Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulan denemede antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) sert dış kabuğı kullanılarak elde edilen biyokömür (FDB)' ün ağırlık esasına göre artan dozları % 0, % 1.5 ve % 3.0 konsantrasyonlarında uygulanmıştır. Uygulanacak FDB dozunun belirlenmesi Saygan (2017)' a göre yapılmıştır.

### 2.2.2. Kolon düzeneğinin kurulması

Denemede 35 cm uzunluğunda ve 10 cm çapında Polivinil klorür (PVC) borular kullanılmıştır. Boruların taban kısmının iç tarafına kaba (gözenek çapı 20 - 25 µm)

filtre kâğıdı yerleştirilmiş ve toprak materyalini tutabilmek üzere paslanmaz metal elek yerleştirilip, plastik kelepçe ile sabitlenmiştir. Sonrasında kolonların iç kısımdan filtre kâğıdının üstüne toprak kaybına engel olmak için 1 cm kalınlığında cam yünü ve 1 cm kalınlığında yıkanmış kaba kum yerleştirilmiştir. Kolonların kenarından su kaybını engellemek için her bir kolonun iç yüzeyi kaba zımpara kâğıdı ile yatay pozisyonda zımparalanmıştır.

Kolonlara 20 cm yüksekliğinde toprak ve biyokömür materyali homojen olarak karıştırılıp hacim ağırlığı 1.5 g cm<sup>-3</sup> (Bodur, 2016) oluncaya kadar sıkıştırılmıştır (Bu kapsamda kolonlara yaklaşık 2355 g toprak konulmuştur). Sıkıştırılan kısmın üst kısmına NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> gübresi homojen bir şekilde eklenmiş, en üst kısmına tekrardan 1 cm kalınlığında yıkanmış kaba kum ilave edilerek deneme hazır hale getirilmiştir.



Şekil 1. Boş kolona ait fotoğraf

### 2.2.3. Denemede kullanılacak gübre ve yıkama suyu miktarının belirlenmesi

Kolonlara uygulanacak olan amonyum nitrat gübresi miktarının hesaplanması, pamuk tarımında ihtiyaç duyulan saf N miktarı ( $16 \text{ kg N da}^{-1}$ ) (Bodur, 2016) esas alınarak yapılmıştır. Bu durumda, uygulanacak gübre miktarı söz konusu denemede yer alan kolonlardaki pamuk tarımı baz alınarak  $116 \text{ mg}$  (Pamuk için dekara  $16 \text{ kg}$  saf azot olacak şekilde hesaplanmıştır)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  / kolon olarak hesaplanmıştır. Yıkama işlemlerinde kontaminasyon riskini ortadan kaldırmak adına deiyonize su kullanılmıştır. Kolonlara verilen su miktarı Çopur (2019) ile kişisel görüşme ile her kolona  $750 \text{ ml}$  verilmesine karar verilmiştir.

### 2.2.4. Denemenin yürütülmesi

Deneme hazırlıkları tamamlandıktan sonra yıkama işlemi her kolona haftada 1 kez olmak üzere,  $750 \text{ ml}$  deiyonize su uygulaması ile homojen bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Suyun kolonlara ilave edilmesi her haftanın aynı gün ve aynı saatinde olmakla birlikte, yıkama işlemine 24 saatlik bir zaman dilimi içerisinde kolonlardaki suyun süzülmesi bitene kadar devam edilmiştir. Her yıkama sonrası kolonların üstü buharlaşmaya karşı parafilm ile kapatılmıştır. Aynı zamanda kolonlardan elde edilen süzükler biriktirilerek, ivedilikle analiz edilmiştir. Yıkama işlemi toplamda 6 hafta sürdürülmüştür (Günel ve ark., 2017).



Şekil 2. Denemeye ait yıkama işlemi

### 2.2.5. Denemede kullanılan toprak ve biyokömüre ait analiz yöntemleri

Denemede kullanılan toprağın bazı özellikleri; pH ve EC değerleri su ve toprak karışımında (1:2.5) pH ve EC metre ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

Bünye; (Gee ve Bauder, 1986) tarafından belirtildiği üzere hidrometre yöntemi ile yapılmıştır, gravimetrik nemi; Richards, (1954)'e göre, su tutma kapasitesi ise; (Anonim, 1988)' e göre belirlenmiştir.

Denemede kullanılan biyokömür materyalinin bazı özellikleri; Katyon Değişim Kapasitesi (KDK), (Chapman, 1965)'e göre, toplam karbon (C) ve toplam azot (N) değerleri elementer analiz cihazı kullanılarak, ASTM D5373 metoduyla (ASTM, 2007)'ye göre, Su tutma kapasitesi de (Anonim, 1988)' e göre belirlenmiş olup, Makro ve mikro besin içerikleri ICP cihazı ile Enders ve Lehmann (2012)' e göre belirlenmiştir.

### 2.2.6. Süzük ve yıkama sonrası kolonlarda kalan toprağa ait analiz yöntemleri

Birer hafta ara ile yapılan yıkamalar sonucu elde edilen süzüklerde  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonları Harran Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (HÜBTAM)  $\text{NH}_4^+$  (Baethgen we, Alley mm, 1989) yöntemine göre  $\text{NO}_3^-$  (Yang ve ark., 1998) yöntemine göre İyon Kromatografisi (Shimadzu RF-1501, America) ile belirlenmiştir.

### 2.2.7. İstatistiksel analizler

Deneme süresince var olan veriler JMP Pro 13 paket programı kullanılarak

istatistiksel veriler değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularının istatistiksel analizlerinde tek yönlü varyans analizi % 5 ( $p<0,005$ ) önem seviyesinde uygulanmış ve Duncan testi yapılarak sonuçlar grafikler halinde verilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Yıkama süzüklerinde azot ( $\text{NO}_3^-$ ve $\text{NH}_4^+$ ) konsantrasyonları

Tarım arazilerinde uygulanan azotlu (N) gübrelerin önemli bir kısmının  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  şeklinde yıkanması ve kaybolması ile bitkisel üretimde kullanılmadığı, yüzey ve yüzey altı sularında kirlenmeye neden olduğu bildirilmiştir (Tian ve ark., 2018). Dolayısıyla  $\text{NO}_3^-$  yıkanması dünya çapında önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Uygulama dozlarının artmasına bağlı olarak kolonlardan toplanan süzüklerdeki  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  iyon konsantrasyonlarının kontrole kıyasla önemli ölçüde azalmış olduğunu göstermiştir. Bu azalış oransal olarak,  $\text{NO}_3^-$  iyonu için % 1.5 ve % 3 dozlarında sırasıyla % 51.45 ve % 16.21 olarak,  $\text{NH}_4^+$  iyonu için % 1.5 ve % 3 dozlarında sırasıyla % 90.10 ve % 32.23 oranlarında bir azalış sağlamışlardır.

Kolon denemesinde farklı dozlarda FDB uygulamaları sonrasında yıkama süzüklerinin  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonları Tablo 3' te verilmiştir.

Uygulamalara bağlı bu azalış ilk hafta  $\text{NO}_3^-$  yıkama verilerinde 3 dozda (% 0, % 1.5 ve % 3) da istatistiki olarak önemli bulunurken, diğer hafta verilerinde dozlar arasında fark önemsiz olmuş fakat kontrole kıyasla değerler 2-5 haftaları için önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ) (Tablo 3).

**Tablo 3.** Farklı dozlarda antepfıstığı sert dış kabuğu biyokömürü (FDB) uygulamalarının yıkanan süzüklerdeki  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonlarına etkisi

Yıkama Süreleri	$\text{NO}_3^-$ (mg L <sup>-1</sup> )			$\text{NH}_4^+$ (mg L <sup>-1</sup> )		
	Uygulama Dozları (%)					
	0	1.5	3	0	1.5	3
<b>1.Hafta</b>	466.83A (100)	240.21B (51.45)	75.70D (16,21)	1.21a (100)	1.09a (90.10)	0.39b (32.23)
<b>2.Hafta</b>	472.51A (100)	464.68A (98.34)	427.12A (90.39)	0.34bc (100)	0.03f (8.82)	0.03f (8.82)
<b>3.Hafta</b>	166.33C (100)	28.04EF (16.85)	17.48EF (10.50)	0.31bd (100)	0.17df (54.84)	0.15ef (48.39)
<b>4.Hafta</b>	61.97DE (100)	16.01EF (25.83)	14.11EF (22.77)	0.21ce (100)	0.15ef (71.43)	0.12ef (57.14)
<b>5.Hafta</b>	21.86ED (100)	2.07F (9.47)	1.27F (5.81)	0.20ce (100)	0.11ef (55.00)	0.10ef (50.00)
<b>6.Hafta</b>	6.97F (100)	1.28F (5.85)	0.95F (13.62)	0.18ef (100)	0.12ef (66.67)	0.11ef (61.11)

İlk (1.) hafta yıkama sonucunda elde edilen süzüklerdeki en düşük  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonu % 3 doz uygulamasıyla belirlenmiş olup, uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak ( $P < 0.05$ ) önemli bulunmuştur. Bu durum, deneme dozları arasında % 1.5 dozunun  $\text{NO}_3^-$  yıkanmasını önleyebilmek adına en etkili doz olduğunu göstermektedir.

6 hafta boyunca yıkanan süzüklerin  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonlarının ortalamasını karşılaştırdığımızda en yüksek  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonu % 0 uygulamasında belirlenmiştir. % 1.5 ve % 3 uygulamalarında %0 uygulamasına kıyasla sırasıyla % 70.18 ve % 63.17 oranında daha düşük  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonu belirlenmiştir. % 1.5 uygulaması tüm kolonlardan daha düşük  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonuna neden olmuştur. Günel ve ark. (2017), domates hasat atığı biyokömürünün topraktan  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  yıkanmasına etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada, % 6 biyokömür uygulamasının topraktan  $\text{NO}_3^-$  yıkanmasını önemli ölçüde azalttığı ve

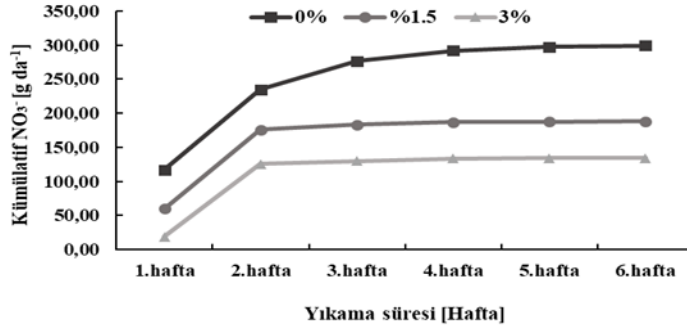
$\text{NO}_3^-$ 'in daha uzun süre toprakta tutunabildiğini bildirmiştir.

Tablo 3 incelendiğinde % 0 uygulamasının kolonlarından süzülen  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonu 1.21 mg L<sup>-1</sup> iken, % 1.5 ve % 3 uygulamalarında sırasıyla % 90.08 ve % 32.23 oranında daha düşük olduğu izlenmektedir (Tablo 3).

İkinci hafta itibarıyla alınan süzüklerdeki  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonu tüm kolonlarda düşmüştür ve diğer haftalarda da düşüş devam etmiştir. Bu çalışmaya benzer olarak; Günel ve ark. (2017) biyokömür uyguladıkları toprakların yıkanması sonucunda elde ettikleri süzüklerin  $\text{NH}_4^+$  içeriğinin artan doz uygulamasına göre değişmediğini belirtirken, yıkama sayısının artmasına bağlı olarak ise yıkama suyu  $\text{NH}_4^+$  içeriğinin azaldığını,  $\text{NO}_3^-$  içeriğinin ise artan doz uygulamasına göre ve yıkama sayısının artmasına bağlı olarak azaldığını belirtmiştir. Benzer başka bir çalışma; Bodur (2016) pirina atığı biyokömürünün hafif bünyeli toprağa uygulanması sonucunda  $\text{NO}_3^-$ 'ün yıkanması üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada,

uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyu pirina ve pirina biyokömürü en düşük dozları olan % 2.5 dozu  $\text{NO}_3^-$  yıkanmasına önemli derecede engel

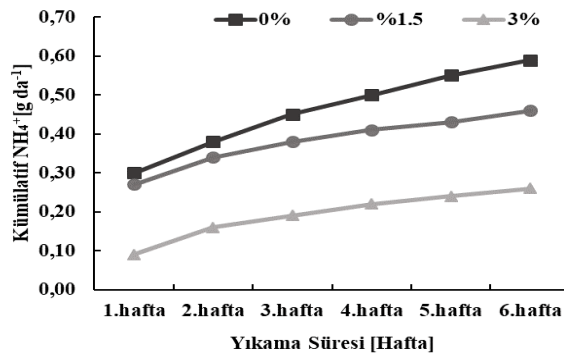
olmakla birlikte etkisi % 5 ve % 10 dozları ile arasındaki fark  $\text{NO}_3^-$  yıkanması açısından önemsiz çıkmıştır.



Şekil 3. Kolonlardan sulama ile yıkanan süzüklerdeki kümülatif nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) konsantrasyonları

6 hafta boyunca yıkanan kolonlardan alınan süzüklerdeki kümülatif  $\text{NO}_3^-$  miktarının gösterildiği grafik Şekil 1 'de verilmiştir. Kümülatif  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonunun verildiği grafikleri incelediğimizde, 6 hafta sonunda % 0, % 1.5 ve % 3 uygulamalarında sırasıyla  $299.12 \text{ g da}^{-1}$ ,  $188.07 \text{ g da}^{-1}$  ve  $134.16 \text{ g da}^{-1}$   $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonu belirlenmiştir. % 1.5 ve % 3 uygulamalarında % 0 uygulamasına kıyasla sırasıyla % 62.88 ve % 44.85 daha düşük  $\text{NO}_3^-$  yıkanması gerçekleşmiştir. Bu bağlamda en olumlu sonuç % 1.5 uygulaması ile elde edilmiştir. Bu çalışmalara benzer olarak; Purkaystha Joba

ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada 3 farklı dozda (% 0, % 1, % 3) buğday samanından elde ettikleri biyokömürü kumlu tınlı toprağa uygulamaları sonucunda % 3 dozunda kümülatif  $\text{NO}_3^-$  kaybını % 78-93 oranlarında azaldığını belirlemişlerdir. Uzoma ve ark. (2011), farklı sıcaklıklarda elde ettikleri akasya ağacı (*Robinia pseudoacacia* L) biyokömürünü farklı oranlarda kolonlara karıştırmışlar ve  $\text{NO}_3^-$  yıkanmasını belirlemişlerdir.  $300^\circ\text{C}$  de elde edilen biyokömür uygulaması yapılan topraklarda kümülatif  $\text{NO}_3^-$  yıkanması,  $400$  ve  $500^\circ\text{C}$  den elde edilen biyokömür uygulamasına göre daha az olmuştur.



Şekil 4. Kolonlardan sulama ile yıkanan süzüklerdeki kümülatif amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) konsantrasyonları

6 hafta boyunca yıkanan kolonlardan alınan çözeltilerdeki toplam  $\text{NH}_4^+$

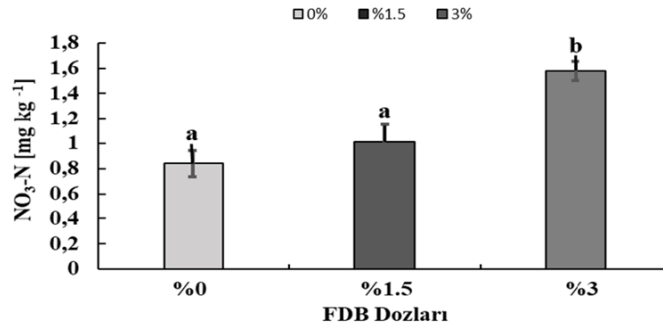
miktarının gösterildiği grafik Şekil 2'de verilmiştir. Kümülatif  $\text{NH}_4^+$



konsantrasyonunun verildiği grafikler incelendiğinde, 6 hafta sonunda % 0, % 1.5 ve % 3 uygulamalarında sırasıyla  $0.59 \text{ g da}^{-1}$ ,  $0.46 \text{ g da}^{-1}$  ve  $0.26 \text{ g da}^{-1}$   $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonu belirlenmiştir. % 1.5 ve % 3 uygulamalarında % 0 uygulamasına kıyasla sırasıyla % 77.97 ve % 44.07 daha

düşük  $\text{NH}_4^+$  yıkanması gerçekleşmiştir. Bu bağlamda en olumlu sonuç nitratta olduğu gibi % 1.5 uygulaması ile elde edilmiştir.

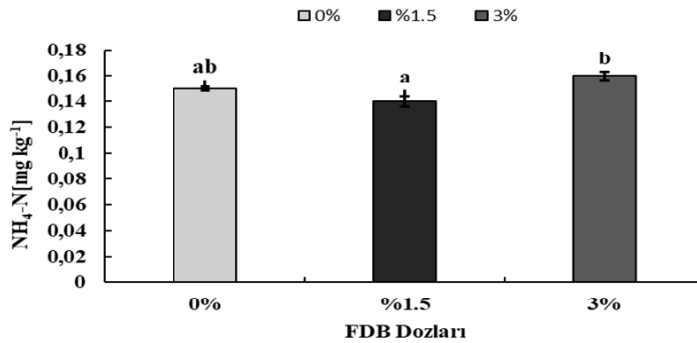
### 3.2. Yıkanma sonrasında kolon topraklarının azot ( $\text{NH}_4^+$ ve $\text{NO}_3^-$ ) içerikleri



Şekil 5. Farklı dozlarda biyokömür (FDB) uygulaması sonrası yıkama kolonunda belirlenen  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonları

Kontrol (% 0) ve % 1.5 biyokömür uygulaması arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, % 3 uygulamasında önemli derecede  $\text{NO}_3^-$  tutumu gerçekleşmiştir ve anlamlı bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Artan dozlarda antepfıstığı sert dış kabuğu biyokömürünün (FDB) tınlı bünyeli toprağa uygulanması ile  $\text{NO}_3^-$  yıkanma oranını % 1.5 dozu için % 87.5, % 3 dozu için ise % 93.75 azalttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara benzer olarak; Sika ve Hardie (2014) artan dozlarda çam ağacı (*Pinus*) biyokömürünün tarım topraklarına uygulanan  $\text{NO}_3^-$  'ün

yıkanma oranını % 96 azalttığını belirtmişlerdir. Novak ve ark. (2010) ceviz (*Juglans regia* L.) kabuğundan elde edilen biyokömürün kumlu bünyeli topraklara 0 ve 10 g biyokömür dozlarını uygulamış ve  $\text{NO}_3^-$  yıkanma oranını belli ölçüde azalttığını, Altland ve Locke (2012) ise turba yosunundan (*Sphagnum*) elde edilen biyokömürün artan dozlarda (% 0-1-5-10) uygulaması sonucunda  $\text{NO}_3^-$  'ün belli bir süre tutularak yıkanmanın geciktiğini belirtmişlerdir.



Şekil 6. Farklı dozlarda biyokömür (FDB) uygulaması sonrası yıkama kolonunda belirlenen  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonları

Kolonlarda en yüksek  $\text{NH}_4^+$  tutumu % 3 dozunda gerçekleşmiştir. Diğer uygulamalarla kıyaslandığında az da olsa daha yüksek tutum gerçekleşmiştir. Artan dozlarda FDB uygulanmasının,  $\text{NH}_4^+$  yıkanma oranını, kontrole kıyasla % 1.5 dozunda % 87.5 ve % 3 dozunda ise % 106.67 azalttığı belirlenmiştir. Artan biyokömür dozları ile  $\text{NH}_4^+$  ün toprakta tutunması artmıştır. Bu çalışmalar benzer olarak; Sika ve Hardie (2014) artan dozlarda çam ağacı biyokömürünün tarım topraklarına uygulanan  $\text{NH}_4^+$  'ün yıkanma oranının % 86 azalttığını belirtmişlerdir. (Günel ve ark., 2017), yaptıkları çalışmada domates hasat artıklarından biyokömür elde ettikleri biyokömürü 3 farklı dozda (% 0, % 1, % 3 ve % 6) orta bünyeli toprağa uygulamışlardır. Yıkama işlemi sonunda kolonlardaki toprakların  $\text{NH}_4^+$  içeriği için önemli bir değişkenlik olmadığını belirlemişlerdir.

#### 4. Sonuçlar

Çalışma sonuçları bölgesel olarak temin edilmesi daha kolay olan antepfıstığı sert dış kabuğundan elde edilen biyokömürün tınlı bünyeye sahip topraklara uygulanmasının azotlu gübredeki nitratin önemli bir kısmını toprakta tutabildiğini göstermiştir. Böylece yüzey ve yeraltı sularının  $\text{NO}_3^-$  ile kirlenmesinin önüne geçilecektir. Nitrata oranla daha düşük konsantrasyonlarda yıkanan  $\text{NH}_4^+$  'un miktarında ise biyokömür uygulamaları ile birlikte tutulma olmuş ancak bu tutulma istatistiksel olarak önemli görülmemiştir. Hasat sonrası oluşan artıkların yakılması veya çürümeye terk edilmesi yerine çevre dostu bir ürüne dönüştürülmesi ile uygulanan kimyasal gübrelere göre daha etkin fayda sağlaması mümkün olacaktır. Bu sonuçlar; antepfıstığı dış sert kabuğundan elde edilen biyokömür uygulaması ile arazilerden azotun  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  formunda yıkanmasını düşürebileceğine işaret etmektedir. Bu yüzey ve yer altı sularının  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$

açısından kirlenmesinin önüne geçilmesi açısından önemlidir. Sonuç olarak biyokömür uygulamalarında özellikle kontrole kıyasla, % 1.5 dozunun, süzüklerdeki  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  miktarlarını önemli ölçüde azalttığı ve buna bağlı olarak ise yine kontrole kıyasla toprakta yıkanmamış miktarlarının ise % 3 dozunda artmış olduğu belirlenmiştir.

#### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Kaynaklar

- Altland, J.E., Locke, J.C., 2012. Biochar affects macronutrient leaching from a soilless substrate. *Hortscience*, 47(8): 1136-1140.
- Astm., 2020. Standard Test Methods For Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis Samples Of Coal And Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke. No: D5373 – 16.
- Baethgen, W., Alley, M., 1989. Toprak ve bitki kjeldahl sindirimlerindeki amonyum nitrojenini ölçmek için manuel kolorimetrik prosedür. *Toprak Bilimi ve Bitki Analizinde İletişim*, 20(9-10): 961-969.
- Be, S., Vinitnantharat, S., Pinisakul, A., 2021. Effect of mangrove biochar residue amended shrimp pond sediment on nitrogen adsorption and leaching. *Sustainability*, 13(13): 7230.

- Bodur, S., 2016. Farklı dozlarda pirina ve pirina biyokömürü uygulamasının, kumlu topraklardan nitrat yıkanması üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Chapman, H.D., 1965. Cation Exchange Capacity. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (Methods Of Soil Anb), 891-901.
- Çopur, O., 2019. Kişisel Yüzyüze Görüşme.
- Deluca, T.H., Mackenzie, M.D., Gundale, M.J., 2009. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformations. In "Biochar For Environmental Management: Science and Technology. In: J. Lehmann, S. Joseph (Eds.), *Earthscan*, London.
- Enders, A., Lehmann, J., 2012. Comparison of wet-digestion and dry-ashing methods for total elemental analysis of biochar. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43: 1042-1052.
- 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", *Scientia Horticulturae*, 101: 39-49.
- Fırat, Z., 2021. Farklı biyokömür uygulamalarının (tütün sapı, zeytin posası) tınlı topraklarda amonyum ve nitrat kaybı üzerine olan etkisinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Gao, Y., Fang, Z., Van Zwieten, L., Bolan, N., Dong, D., Quin, BF, Chen, W., 2022. Biyokömür bazlı azotlu gübrelerin ve bunların bitkisel üretim ve çevre üzerindeki etkilerinin eleştirel bir incelemesi. *Biyokömür*, 4(1): 36.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-Size Analysis. In Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. In: A. Klute (Ed), *Agronomy Monograph*, Asa, Sssa, Madison, pp. 383-411.
- Günal, E., Erdem, H., Kaplan, A., 2017. Biyokömür ilavesinin toprakta nitrat ve amonyum yıkanmasına etkileri. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1): 73-83.
- Laird, D.A., 2008. The charcoal vision: a win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Agronomy Journal*, 100(1): 178-181.
- Lehmann, J., Da Silva, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B., 2003. Nutrientavailability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central amazonbasin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249: 343-357.
- Liu, Z., He, T., Cao, T., Yang, T., Meng, J., Chen, W., 2017. Effects of biochar application on nitrogen leaching, ammonia volatilization and nitrogen use efficiency in two distinct soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(2): 515-528.
- Lliffe, R., 2009. Is The Biochar Produced by an Anila Stove Likely to be A Beneficial Soil Additive. Ukbrc Working Paper 4: Uk Biochar Research Centre: Edinburgh, Uk
- Mulvaney, R.L., 1996. Nitrogen-Inorganic Forms. In Methods of Soil Analyses Part 3 Chemicalmethods p.1123-1184.
- NI M., Leung, D.Y.C., Leung, M.K.H., Sumathy K. 2006. "An overview of hydrogen production from biomass", *Fuel Processing Technology*, 87: 461-472.

- Novak, J.M., Busscher, W.J., Watts, D.W., Laird, D.A., Ahmedna, M.A., Niandou, M.A., 2010. Short-Term CO<sub>2</sub> mineralization after additions of biochar and switchgrass to a typic kandiudult. *Geoderma*, 154(3): 281-288.
- Oladele, S.O., Ingold, M., Buerkert, A., 2022. Impact of biochar-compost derived from thermal pyrolysis of poultry litter and woodchips on n mineralization and maize growth in contrasting tropical dryland soils. *Bioresource Technology Reports*, 20: 101225.
- Omara, P., Aula, L., Otim, F., Obia, A., Souza, J.L.B., Arnall, D.B., 2022. Biochar applied with inorganic nitrogen improves soil carbon, nitrate and ammonium content of a sandy loam temperate soil. *Nitrogen*, 3(1): 90-100.
- Park, S., Croteau, P., Boering, K., Etheridge, D., Ferretti, D., Fraser, P., Kim, K., Krummel, P., Langenfelds, R., Van Ommen, T., Steele L., Trudinger C., 2012. Trends and seasonal cycles in the isotopic composition of nitrous oxide since 1940, *Nature Geoscience*, 5: 261-265.
- Purkaystha, J., Prasher, S., Afzal, M.T., Nzediegwu, C., Dhiman, J., 2022. Wheat Straw biochar amendment significantly reduces nutrient leaching and increases green pepper yield in a less fertile soil. *Environmental Technology & Innovation*, 28: 102655.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils: Washington, D.C.U.S. Department of Agriculture Handbook No: 60.
- Saygan, E.P., 2017. Biyokömürün (biochar) toprak düzenleyicisi olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- 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.
- 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.
- Steiner, C., Glaser, B., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Blum, W.E.H., Zech, W., 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central amazonian ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition*, 171: 893-899.
- Svoboda, N., Taube, F., Wienforth, B., Kluss, C., Kage, H., Herrmann, A., 2013. Nitrogen leaching losses after biogas residue application to maize. *Soil & Tillage Research*, 130: 69-80.
- Tian, X., Li, C., Zhang, M., Wan, Y., Xie, Z., Chen, B., And Li, W., 2018. Biochar derived from corn straw affected availability and distribution of soil nutrients and cotton yield. *Plos One*, 13(1): 1-19.
- Tian, X., Li, C., Zhang, M., Wan, Y., Xie, Z., Chen, B., And Li, W., 2018. Biochar derived from corn straw affected availability and distribution of soil nutrients and cotton yield. *PloS One*, 13(1): 1-19.
- Ünsal, B., 2021. Farklı biyokömür uygulamalarının (mısır koçanı ve pamuk sapı) tınlı topraklarda amonyum ve nitrat kaybı üzerine olan etkisinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

- Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Zahoor, A., Nishihara, E., 2011. Influence of biochar application on sandy soil hydraulic properties and nutrient retention. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(3-4): 1137-1143.
- Van Zwieten, L.V., Rose, T., Herridge, D., Kimber, S., Rust, J., Cowie, A., Morris, S., 2015. Enhanced biological N<sub>2</sub> fixation and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in an acid soil following biochar addition: dissection of causal mechanisms. *Plant Soil*, 395: 7–20.
- Winsley, P., 2007. Biochar and bioenergy production for climate change mitigation, *New Zealand Science Review*, 64: 5-10.
- Xu, X., Gao, B., Evet, Q., Zhong, Q., 2010. Tarımsal yan ürün bazlı anyon değiştiricinin hazırlanması ve nitrat ve fosfat giderimi için kullanılması. *Biyokaynak Teknoloji*, 101: 8558–8564.
- Yang, Y., Brammer, J.G., Mahmood, A.S.N., Hornung, A., 2014. Intermediate pyrolysis of biomass energy pellets for producing sustainable liquid, gaseous and solid fuels. *Bioresource Technology*, 169: 794–799.
- Yang, Y., Brammer, J.G., Mahmood, A.S.N., Hornung, A., 2014. Intermediate pyrolysis of biomass energy pellets for producing sustainable liquid, gaseous and solid fuels. *Bioresource Technology*, 169: 794–799.
- Zhang, M., Liu, Y., Wei, Q., Gou, J., 2021. Biochar enhances the retention capacity of nitrogen fertilizer and affects the diversity of nitrifying functional microbial communities in karst soil of southwest china. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 226: 112819.
- Zhang, M., Gao, B., Yao, Y., Xue, Y., Inyang, M., 2012. Sulu çözeltilerden fosfat ve nitratın uzaklaştırılması için gözenekli mgo-biyokömür nanokompozitlerinin sentezi. *Kimya Mühendislięi Journal*, 210: 26–32.

**Atıf Şekli**

Aydemir, S., Fırat, Z., 2023. Tınlı Bünyeli Topraklarda Uygulanan Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) Sert Dış Kabuğu Biyokömürünün Nitrat (NO<sub>3</sub>-) ve Amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) Yıkanması Üzerine Etkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4): 842-854. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10250450>.

**To Cite**

Aydemir, S., Fırat, Z., 2023. Effects of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Hard Outer Shell Biochar Applied on Loamy Textured Soils on Nitrate (NO<sub>3</sub>-) and Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) Leaching. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 842-854. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10250450>.