T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI BİYOKÖMÜR UYGULAMALARININ (MISIR KOÇANI VE PAMUK SAPI) TINLI TOPRAKLARDA AMONYUM VE NİTRAT KAYBI ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Bünyamin ÜNSAL

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1 . GİRİŞ 1
2 . ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 2
3 . MATERYAL ve YÖNTEM 5
3.1. Materyal 5
3.1.1. Toprak materyali 5
3.1.2. Biyokömür materyali 5
3.2. Yöntem 6
3.2.1. Toprak ve biyokömür materyallerinin analiz yöntemleri 6
3.2.1.1. Toprak analizleri 6
3.2.1.2. Biyokömür analizleri 7
3.2.2. Kolon denemesinin kurulması 8
3.2.3. Kolonlara su uygulaması ve yıkama çalışması 10
3.3. İstatistiksel Analizler 11
4 . ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 12
4.1. Yıkama Sürecinde Süzüklerin Kimyasal Özelliklerinin Zamansal Değişimi 12
4.1.1. Süzüklerin pH değerleri 12
4.1.2. Süzüklerin EC değerleri 17
4.1.3. Süzük miktarları 22
4.1.4. Amonyum içerikleri 28
4.1.5. Nitrat içerikleri 33
4.2. Yıkanma Sonrasında Kolon Topraklarının NH_4^+ ve NO_3^- İçerikleri 38
4.2.1. Amonyum 38
4.2.2. Nitrat 43
5 . SONUÇLAR ve ÖNERİLER 48
5.1. Sonuçlar 48
5.2. Öneriler 50
KAYNAKLAR 51
ÖZGEÇMİŞ 54

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI BİYOKÖMÜR UYGULAMALARININ (MISIR KOÇANI ve PAMUK SAPI) TINLI TOPRAKLARDA AMONYUM VE NİTRAT KAYBI ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Bünyamin ÜNSAL

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salih AYDEMİR
Yıl: 2021, Sayfa: 54

Yeraltı sularının nitratla kirlenmesi ülkemiz dahil, dünyanın pek çok bölgesinde önemli bir mesele haline gelmiştir. Tarımsal girdi olarak sürekli toprağa giren ve sulama suları ile yıkanıp su kaynaklarını kirleten bu kirleticilerin etkilerinin azaltılması oldukça önemlidir. Kirleticilerin etkilerinin azaltılması için toprağı ve çevreyi kirletmeyen organik bir materyallerin kullanımı son günlerde önemini artırmıştır. Bu amaçla mısır koçanı ve pamuk sapı atıklarından elde edilmiş biyokömürler artan dozlarda (% 0-1.5-3.0) tınlı tekstürlü bir toprağa 3 tekerrürlü olarak uygulanmış ve uygulama yapılan toprak yıkama kolonuna yerletirildikten sonra 6 hafta boyunca yıkanmıştır. Araştırma sonucunda; 6 haftalık yıkama boyunca biyokömür uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama sularının pH değerlerinin düştüğü, EC değerlerinin yükseldiği, süzük miktarlarının azaldığı, yıkama suyu amonyum içeriğinin mısır koçanı uygulanmış toprakların yıkama suyunda % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 86 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 95 azalış göstermiştir. Pamuk sapı uygulanmış toprakların yıkama suyunda ise % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 84 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 95 azalış göstermiştir. Nitrat içeriğinin mısır koçanı uygulanmış toprakların yıkama suyunda % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 70 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 79 azalış göstermiştir. Pamuk sapı uygulanmış toprakların yıkama suyunda ise % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 48 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 52 azalış göstermiştir. Haftalık yıkama sayısının artmasıyla birlikte yıkama suyu pH değeri düşerken EC değerinin azaldığı, süzük miktarının önce arttığı sonra azaldığı, yıkama suyu amonyum ve nitrat içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Altı haftalık yıkama sonunda kolonlardan alınan toprakların biyokömür uygulama dozlarının artmasıyla birlikte amonyum içeriklerinin mısır koçanı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontole göre % 132 artış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 47 artış göstermiş, pamuk sapı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 19 artış, % 3 doozu uygulamasında ise % 12 artış göstermiştir. Nitrat içeriklerinin ise mısır koçanı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 41 azaldığı, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 83 azaldığı belirlenmiş, pamuk sapı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 45 arttığı, % 3 dozu uygulamasında ise % 50 azaldığı belirlenmiştir. Biyokömür uygulanmış ve 6 hafta boyunca yıkanmış kolonların toprak derinliğinin artmasıyla birlikte, uygulamaların toprak amonyum içeriği üzerine etkisiz olduğu belirlenirken, nitrat içeriğinin ise kolon derinliğine bağlı olarak azaldığıbelirlenmiştir. Sonuç değerlere bakıldığında mısır koçanı biyokömür materyalinin azot kayıpları konusunda, pamuk sapına göre daha etkin olduğu değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Nitrat, Amonyum, Yıkanma, Biyokömür, Tınlı toprak

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT BIOCHAR APPLICATIONS (CORN STALKS, COTTON STALKS) ON LOSSES OF AMMONIUM AND NITRATE IN LOAMY SOILS

Bünyamin ÜNSAL

Harran University
Graduate School of Natural andAppliedSciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Salih AYDEMİR
Year: 2021, Page: 54

Contamination of groundwater with nitrate has become an important issue in many parts of the world, including our country. It is very important to reduce the effects of these pollutants, which enter the soil as agricultural inputs and pollute the water resources by being washed with irrigation waters. In order to reduce the effects of pollutants, the use of organic materials that do not pollute the soil and the environment has increased its importance in recent days. For this purpose, biochars obtained from corn cob and cotton stalk wastes were applied in increasing doses (0-1.5-3.0) to a loamy textured soil with 3 replications and washed for 6 weeks after the application was placed in the washing column. As a result of the research; With the increase of biochar application doses during the 6-week washing, the pH values of the washing waters decrease, the EC values the increase, the amount of filtrate decreases. decreased by 95%. In the washing water of the cotton stalk treated soils, it showed a decrease of 84% in the application of 1.5% dose compared to the control, and in the application of 3% dose, it showed a decrease of 95% compared to the control. The nitrate content of the corncob treated soils decreased by 70% in the washing water at the 1.5% dose application compared to the control, and decreased by 79% compared to the control in the 3% dose application. In the washing water of the cotton stalk treated soils, it showed a decrease of 48% in the application of 1.5% dose compared to the control, and in the application of 3% dose, it decreased by 52% compared to the control. With the increase in the number of weekly washings, it was determined that while the pH value of the washing water decreased, the EC value decreased, the amount of filtrate first increased and then decreased, and the ammonium and nitrate content of the washing water decreased. At the end of the six-week washing, with the increase in the biochar application doses of the soils taken from the columns, the ammonium content of the soils with corncob applied increased by 132% in the 1.5% dose application compared to the control, in the 3% dose application it increased by 47% compared to the control, and in the 1.5% dose application of the cotton stalk treated soils, it showed an increase in the control. It showed an increase of 19% compared to the application of 3% dose and 12% in the application. It was determined that the nitrate content of corncob-treated soils decreased by 41% compared to the control in 1.5% dose application, and decreased by 83% in the 3% dose application compared to the control. was found to decrease. It was determined that the applications were ineffective on the soil ammonium content, with the increase in the soil depth of the columns that were applied and washed for 6 weeks, while the nitrate content decreased depending on the depth of the column. Considering the results, it was evaluated that corncob biochar material was more effective than cotton straw in terms of nitrogen losses.

KEY WORDS: Nitrate, Ammonium, Leaching, Biochar, Loamy soil

TEŞEKKÜR

Tezin konusunun belirlenmesinde, uygulamasında ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam, danışmanım sayın Prof. Dr. Salih AYDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca projede beraber çalıştığımız arkadaşlarım Mehmet DEMİRHAN ve Zemzem FIRAT'a yardımlarını esirgemediklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan kolon düzeneği 9
Şekil 4.1. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre pH değerleri 16
Şekil 4.2. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre EC değerleri 21
Şekil 4.3. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre süzük miktarı 26
Şekil 4.4. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre NH_4^+ içerikleri 31
Şekil 4.5. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre NO_3^- içerikleri 36
Şekil 4.6. Biyokömür uygulanmış toprağın derinliğe göre NH_4^+ içerikleri 41
Şekil 4.7. Biyokömür uygulanmış toprağın derinliğe göre NO_3^- içerikleri 46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Kolon denemesinde kullanılan toprağın kimyasal özellikleri 6
Çizelge 3.2. Kolon denemesinde kullanılan toprağın fiziksel özellikleri 6
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan biyokömürlerin tanımlayıcı özellikleri 7
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan biyokömürlerin makro ve mikro element içerikleri 7
Çizelge 3.5. Yıkama çalışmasının deneme deseni 10
Çizelge 4.1. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları 14
Çizelge 4.2. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin pH değerleri ortalamaları 15
Çizelge 4.3. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin EC değerlerine ait varyans analizi sonuçları 20
Çizelge 4.4. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin EC değerleri ortalamaları 21
Çizelge 4.5. Yıkama kolonlarından elde edilen süzük miktarlarına ait varyans analizi sonuçları 24
Çizelge 4.6. Yıkama kolonlarından elde edilen süzük miktarı ortalamaları 25
Çizelge 4.7. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin amonyum içeriklerine ait varyans analizi sonuçları 30
Çizelge 4.8. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin amonyum içeriği ortalamaları 31
Çizelge 4.9. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin nitrat içeriklerine ait varyans analizi sonuçları 34
Çizelge 4.10. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin nitrat içeriği ortalamaları 35
Çizelge 4.11. Yıkama sonrasında kolon topraklarının amonyum içeriklerine ait varyans analizi sonuçları 39
Çizelge 4.12. Yıkama sonrasında kolon topraklarının amonyum içeriği ortalamaları 40
Çizelge 4.13. Yıkama sonrasında kolon topraklarının nitrat içeriklerine ait varyans analizi sonuçları 44
Çizelge 4.14. Yıkama sonrasında kolon topraklarının nitrat içeriği ortalamaları 45

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

N	: Azot
P	: Fosfor
K	: Potasyum
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
Na	: Sodyum
Fe	: Demir
Mn	: Mangan
Cu	: Bakır
Zn	: Çinko
B	: Bor
p	: İstatistiksel önem seviyesi
NH_4^+	: Amonyum
NO_3^-	: Nitrat
KDK	: Katyon değişim kapasietsi
C	: Karbon

1. GİRİŞ

Azot bitki gelişimi için mutlak gerekli bir elementtir. Topraklarda azot organik olarak veya mineral olarak bulunabilir. Karbonca zengin olan biyokömür materyali zirai ve kentsel organik atıkların (bitki veya hayvan atıkları, kentsel insan ve pazar atıkları ve benzeri organik maddeler) günümüzde modern piroliz işlemleri ile oksijensiz veya az oksijenli ortamda yüksek sıcaklıkta elde edilen katı formdaki ürünlerdir. Biyokömürün toprağa eklenmesinin, azot döngüsünü etkilediği ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Aşırı azotlu gübreleme yapılan arazilerden, nitrat (NO_3^-) yağmur ve sulamadan sonra topraklardan yıkanıp, yeraltı suyu kirlenmesine neden olabilmektedir. Dünya çapında yürütülen çalışmalarda gübre uygulanması ya da uygulanmaması farketmeksizin sadece yıkamayla meydana gelen azot kayıplarının, yıllık dekara 0.1 – 50 kg azot olduğu tespit edilmiştir. Tarım arazilerinde yaygın olarak kullanılan azotlu gübreler yağmurlar ve sulama ile yıkanarak yer altı sularını kirletmekte ve insan sağlığı açısından sorun teşkil etmektedir. Kirleticilerin temizlenmesi için pek çok metod geliştirilmiş olsa da en sağlam olanı çevreye zararı olmayan, ekonomik çözümlerdir. Bu yüzden tarım arazilerine uygulanan azotlu gübrelerin bitki tarafından kullanımını artıracak yöntemlerin geliştirilmesi ile birlikte topraktan yıkanmasını azaltacak yöntem ve ajanların da gelitirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden biyokömür gibi organik kaynaklı bileşiklerin toprağa uygulanarak toprakta var olan azot minerallerinin stabilizasyonunun sağlanması önem arz etmektedir.

Bu çalışma ile mısır koçanı ve pamuk sapından elde edilen biyokömürlerin toprağa karıştırılması sonrasında oluşturulan kolonlarda amonyum nitrat gübrelemesi sonrasında amonyum ve nitrat yıkanması haftalık olarak takip edilecektir. Araştırma sonrasında artan dozlarda biyokömür uygulaması ile topraklara uygulanan amonyum nitrat formundaki gübrenin haftalık sulamaya bağlı olarak yıkanma miktarı belirlenmiş olacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Biyokömürü, içinde barındırdığı doğal özellikler sayesinde toprağa uygulandığında toprak içinde karbon salınımında bulunurken aynı zamanda toprak işlevini geliştiren naturel yaşamın sağlığını kısa ve uzun vadede faydalı bir şekilde etkileyeceği, çevre üzerinde zararlı etkilerin yok olacağı konusunda bilimsel fikir birliğine varılan odun kömürü (oksijensiz veya az oksijenli ortamda çok yüksek sıcaklıklarda işlenen biyokütle), olarak tanımlanmaktadır (Verheijen ve ark. 2010).

Jeffery ve ark. (2011), toprağa uygulanan biyokömürün gübre ihtiyacını yaklaşık % 10 oranını azalttığı, toprak asitliğini giderdiğini, toprak reaksiyonunu artırdırdığını, alüminyum toksitesini azaltttığını, yararlı mantar hiflerini artırarak, toprağın biyolojik yapısını düzenlediğini, topraktaki mevcut besinleri tutma (NPK), C mineralizasyonunu artırma ve azot fiksasyonunu dengeleme konusunda yardımcı olduğunu, katyon değişim kapasitesini % 50 oranında artırdığını ve toprak hidrolik iletkenliğini artırdığını belirtilmiştir.

Altland ve Locke (2012), turba yosunundan elde edilen biyokömürü artan dozlarda (%0-1-5-10), uyguladıkları toprağa NPK gübresi uyguladıktan sonra 12 yıkama işlemi yapmışlardır. Araştırma sonucunda kontrol ve biyokömür uygulanmış toprakların nitrat içerikleri arasında önemli bir bulunmadığını, eklenen gübrenini % 47.0'sinin yıkandığını, biyokömür dozunun artmasına bağlı olarak nitratın belli bir süre tutularak yıkanmanın geciktiğini belirtmişlerdir.

Güerena ve ark. (2013), biyokömürlerin besin maddelerini elektrostatik adsorbsiyon ve suda çözünmüş besin maddesi olarak tuttuklarını, Laird ve ark. (2008), biyokömürlerin katyon değişim yüzeyleriyle birlikte anyon değişim yüzeylerinin de bulunduğunu, Case ve ark. (2012), ise biyokömürlerin poroziteli yapıları içerisinde nitratı fiziksel olarak tutabildiklerini belirtmişlerdir.

Sika ve Hardie (2014), çam ağacından elde ettikleri biyokömürü toprağa % 0.5-2.5-10 oranlarında karıştırdıktan sonra ve toprağa 10 kg/da amonyum nitrat gübresi uygulamışlar ve 6 hafta boyunca yıkama yapmışlardır. Araştırma sonucunda % 10 biyokömür uyguladıkları konuda amonyum yıkanmasının % 86, nitrat yıkanmasının ise %96 azaldığını belirtmişlerdir.

Bodur (2016), pirana atığı biyokömürünün hafif bünyeli toprağa uygulanması sonucunda toprağa eklenen amonyum ve nitratın yıkanması üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, biyokömür eklenmiş toprakların yıkama sayısının artmasıyla yıkama suyu pH değerinin arttığını, EC değeri, yıkama süzük suyu miktarı ve nitrat içeriğinin ise azaldığını belirtilirken, uygulama dozlarının artmasıyla birlikte ise yıkama suyu pH değeri ve nitrat içeriğinin azaldığını, EC değerinin arttığını ve yıkama süzük suyu miktarının değişmediğini belirtmiştir.

Özyavuz (2017), patlıcan bitkisi yetiştirilen tuzlu ve tuzsuz toprağa % 0-0.3 ve 0.6 oranında biyokömür uygulanmış ve bitki gelişim ile verim parametreleri ile toprak özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda artan dozlarda biyokömür uygulamasıyla birlikte toprak pH ve EC değerinin kontrol toprağına göre önemli miktarda azaldığını, değişbilir Ca, K, Mg ve Na miktarının ise arttığı belirtilmiştir.

Sayğan (2017), mısır yetiştiriciliği yapılan kireçli toprağa artan dozlarda (% 0-0.2-0.4-0.6-1.2-2.4), biyokömür uygulaması yaptığı araştırmasında toprakların pH değeri, OM içeriği, toplam azot miktarı, amonyum ve nitrat içeriği, KDK değeri ve değişebilir Ca, K, Mg, Na miktarlarının arttığını, çözünebilir Ca, K, Mg, Na miktarlarının ise azaldığını belirtmiştir.

Akpirinç (2017), biber ve domates bitkisi yetiştirilen toprağa % 0-0.3 ve 0.6 oranında biyokömür uygulanmış ve bitki gelişim ile verim parametreleri ile toprak özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda biyokömür uygulama dozlarının artmasına bağlı olarak toprak pH değerinin, OM içeriğinin ve değişebilir

Ca, Mg, K ve Na miktarının arttığını belirtirken, EC değerinin ise düştüğünü belirtmiştir.

Altun (2017), biyokömür uygulamasının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında artan dozlar biyokömür uygulanmasına bağlı olarak, OM içeriğinin, agregat stablitesinin, porozite oranının, su tutma kapasitesi ve hidrolik iletkenliğin arttığını belirtirken, hacim ağırlığının ise düştüğünü belirtmiştir.

Sari (2018), farklı biyokömür çeşitlerinin toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında artan dozlarda (% 0-0.2-0.4), biyokömür uygulanması sonucunda toprak pH değeri, agregat stabilitesi, hidrolik iletkenlik ve su tutma kapasitesinin değişmediği, EC değerinin ise düştüğü belirtilmiştir.

Günal (2018), buğday bitkisi yetiştirilen toprağa % 0-0.5-1.0-2.0-3.0 oranında biyokömür eklediği araştırmasında toprak pH ve EC değeri, su tutma kapasitesi ve porozite miktarının yükseldiğini belirtirken, hacim ağırlığının ise düştüğünü belirtmiştir.

Manirakiza (2019), mısır yetiştirilen toprağa aratan dozlarda (% 0-1.0-2.0-4.0) biyokömür uyguladığı araştırmasında toprak hacim ağırlığının düştüğünü, pH değeri, toplam gözeneklilik oranının, su tutma kapasitesi ve agregat stabilitesinin arttığını ve EC değerinin ise değişmediğini belirtmiştir.

Bekçi (2019), kompostlama işlemi sırasında oluşan amonyak kayıplarını azaltmak amacıyla artan dozlarda (% 0-2-4-6-8), biyokömür uyguladığı araştırma sonucunda artan biyokömür dozlarına bağlı olarak amonyak kayıplarının azaldığını, amonyum ve nitrat miktarının ise arttığını belirtmiştir. Kompostlama ortamına biyokömür eklenmesi ile birlikte kompostlama sürecinin ilk haftasında ortam pH'sının düştüğünü buna bağlı olarak ta amonyak kayıplarının azalarak, salınan amonyağın amonyum formunda biyokömür tarafından tutulmuş olabileceğini belirtmiş, aynı zamanda oluşan amonyumun nitrifikasyonu sonucunda nitrat miktarının da artmış olduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Toprak materyali

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde laboratuvar ortamında kolon denemesi şeklinde kurulan çalışmada Adıyaman ilinde bulunan çiftçi arazisinden 0 – 30 cm derinlikten alınan tınlı toprak kullanılmıştır. Kolon denemesine uygulanan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kolon denemesinde kullanılan toprağın kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	pH (1:2.5)	EC (1:2.5) (dS/m)	Su tutma Kapasitesi (%)	Gravimetrik nem (%)	Volumetrik nem (%)	KDK (cmol/kg)
0-30	8.874	101.0	5.03	7.41	11.11	44.4

Çizelge 3.2 Kolon denemesinde kullanılan toprağın fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür
0-30	45	22.5	32.5	L

3.1.2. Biyokömür materyali

Biyokömür materyali olarak Harran Ovasında tarımı yapılan ve endüstriyel atığı oluşan mısır koçanı ve pamuk sapı kullanılmıştır. Çiftçi arazilerinden elde edilen bu tarımsal atıkların biyokömüre dönüştürülmesinde Okimori ve ark. (2003), Ogawa ve ark. (2006) ve Sayğan (2017), tarafından belirtilen karbonizasyon yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan biyokömürlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan biyokömürlerin tanımlayıcı özellikleri

Biyokömür	KDK (cmol kg^{-1})	Ca (mg kg^{-1})	N (%)	Toplam C (%)	Su tutma Kapastesi (%)
Mısır Koçanı	3.92	31.05	0.528	73.1	370.9
Pamuk Sapı	134.2	1058	0.539	70.7	364.6

Çizelge 3.4. Denemede kullanılan biyokömürlerin makro ve mikro element içerikleri

Biyokömür	Cu	Zn	Mg	Na	K	P	Fe	Mn
	----------mg kg^{-1}----------							
Mısır Koçanı	0.020	0.543	16.45	31.18	402.8	5.62	8.38	0.31
Pamuk Sapı	0.293	0.883	306.6	143.5	490.7	11.31	99.60	4.64

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak ve biyokömür materyallerinin analiz yöntemleri

3.2.1.1. Toprak analizleri

a) Toprak pH ve EC

pH 1:2.5 adsorban-su karışımında hidrojen yükünün derişiminin pH-metre ile potansiyometrik olmak üzere ve EC ise elektriksel iletkenliğe tabi kondaktivite metodu ile yapılmıştır (Richards, 1954).

b) Toprak tekstürü

Toprak tane irilik dağılımı (toprak tekstürü) 2 mm'lik elekten geçmiş, bozulmuş toprak örneklerinde 2 koşutlu olarak Bouyoucos tarafından belirlenmiş belli başlı kurallara göre hidrometre yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Gee ve Bauder, 1986).

c) Toprak gravimetrik ve volumetrik nemi

Toprak örnekleri 105 ºC' de 120 dakika kurutulduktan sonra oluşan ağırlık kaybı göz önünde bulundurularak elde edilmiştir. Volumetrik nem ise gravimetrik nem yüzdesinin toprakların yoğunluğu ile çarpılması sonucu elde edilmiştir.

d) Ekstrakte edilebilir nitrat ve amonyum analizi

Toprak inorganik azotu (NO_3^- ve NH_4^+) 2 M KCl çözeltisi kullanılarak ekstrakte edilmiş ve daha sonra MgO ve Devarda's alloy kullanılarak örneklerdeki NO_3^- ve NH_4^+ miktarları ayrı ayrı belirlenmiştir (Mulvaney, 1996).

e) Su tutma kapasitesi

Basınçlı kaplar yardımı ile Harran Üniversitesi bölüm laboratuarında yapılmıştır (Soil Moisture Equipment Corp, USA).

3.2.1.2. Biyokömür analizleri

a) Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Biyokömür karmaşaları başta sodyum ve sonra da amonyum ile doygun hale getirilerek, ortamda bulunan sodyum miktarı alev fotometresinde belirlendikten sonra hesaplanmıştır (Chapman, 1965).

b) Toplam karbon (C) ve azot (N)

Biyokömür örnekleri kurutulup, 0.5 mm'lik elekten geçirilip kuru yakma ile THERMO C/N/H/S elementer analiz cihazı kullanılarak ASTM D5373 metoduna göre yapılmıştır (ASTM, 2020).

c) Ekstrakte edilebilir amonyum ve nitrat

Biyokömür örnekleri 2 M NaOH çözeltisi ile kjeldahl distilasyon ünitesi yardımı ile ekstrakte edilmiş ve titrasyon yöntemi ile NH_4^+ içerikleri belirlenirken, aynı çözelti içerisine Devarda's Alloy eklenerek $NH_4^+ + NO_3^-$ miktarı yine titrasyon ile belirlendikten sonra NO_3^- miktarı belirlenmiştir (Mulvaney, 1996).

d) Su tutma kapasitesi

Biyokömür örneklerin alt kısmına 2 kat tülbent geçirilip lastikle sabitlenen küçük silindir kaplara doldurulduktan sonra su dolu kovanın içine oturtulmuş ve yüzeyleri buharlaşmanın engellenmesi için kapatılmıştır. Örnekler 48 saat doygun hale geldikten sonra, doygun hale getirilmiş örnekler tabanında daha önceden ıslatılıp suyu süzülmüş kum bulunan başka bir kovaya alınmışlardır. Örnekler 48 saatin sonunda tartılıp fırında 105 ºC'de 24 h kurutulup yeniden tartılmışlardır. Biyokömürün su tutma oranı % olarak ağırlık hesabı ile yapılmıştır (Klute, 1986).

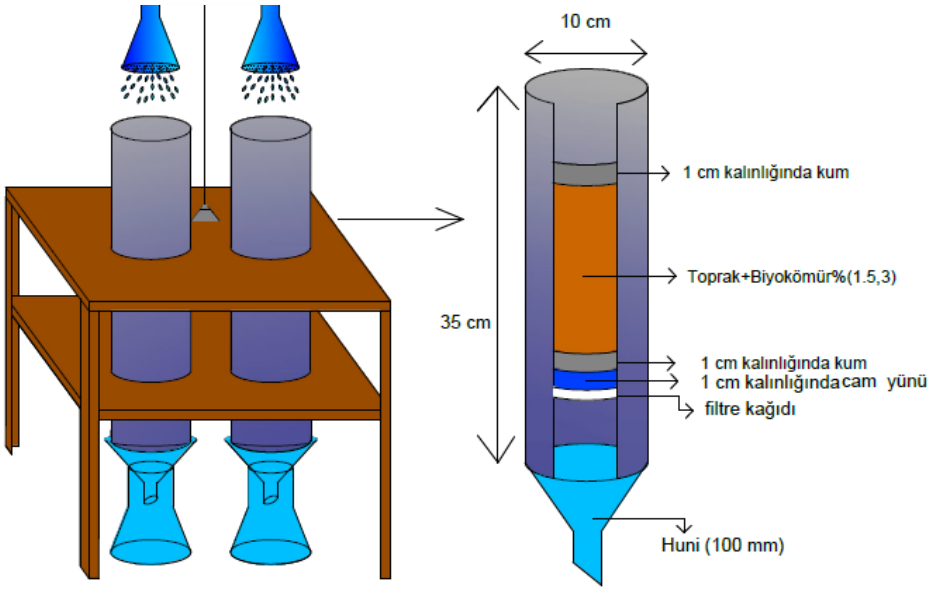
e) Toplam element içerikleri

Enders ve Lehmann (2012), biyokömür elementer analizi için farklı yakma sistemlerini karşılaştırmış, çalışma sonucunda yaş yakmayı önermişlerdir. Bu nedenle proje kapsamında üretilecek biyokömür örneklerinin Ca, Na, Mg, K, P, Fe, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Cr, Mn içerikleri modifiye edilmiş yaş yakma ($HNO_3 + H_2O_2$) kullanılarak çözündürüldükten sonra Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında (HÜBTAM) ICP ile belirlenmiştir.

3.2.2. Kolon denemesinin kurulması

Kolon denemesi için 11 cm çapında ve 35 cm boyunda olan PVC boruların taban kısmı için kaba filtre kâğıdı kesilerek, 1 mm çaplı paslanmaz metal elek içine yerleştirilmiş ve borunun tabanına tutturulmuştur. Filtre kâğıdının üst kısmına toprak kaybına mani olmak için 1 cm büyüklüğünde camyünü, 1 cm büyüklüğünde de

yıkanmış iri kum yerleştirilmiştir. Kolonun üst kısmındaki toprağın kurumasına izin vermek ve anaerobik koşulları önlemek için kolonun üst kısmı açık tutulmuştur. Toprak+biyokömür karışımları kolona koyulduktan sonra kuru hacim ağırlıkları 1.5 g cm^{-3} oluncaya kadar kolon içinde sıkıştırılmış ve Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan kolon düzeneği

Araştırma tesadüf parsellerinde bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre iki biyokömür çeşidi (Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı) ve üç uygulama dozu(% 0 – 1.5 – 3.0) ile üç tekerrürlü olarak oda koşullarında ± 28 ºC'ta kurulmuştur. Ana parsellerde biyokömür çeşidi bulunurken, alt parsellerde ise uygulama dozları yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Yıkama çalışmasının deneme deseni

Biyokömür	Dozlar (%)	Tekerrürler		
Mısır Koçanı	0	1	2	3
	1.5	1	2	3
	3.0	1	2	3
Pamuk Sapı	0	1	2	3
	1.5	1	2	3
	3.0	1	2	3

3.2.3. Kolonlara su uygulaması ve yıkama çalışması

Kolonlar laboratuvar ortamında yapılmış olan yıkama tezgâhı mekanizmasına yerleştirildikten sonra azot uygulanmadan önce kolonların tamamı doymuş halde deneme öncesinde yıkanmıştır. Doymuş halde uygulama işlemi; aktarılan su, kolonun alt kısmından damla damla akana kadar suyun aktarılması şeklinde uygulanmıştır. Bu sayede kolonlarda daha önce bulunan nitrat ve amonyumun uzaklaştırılması yapılmıştır.

Kolon yıkamasında kullanılacak olan su miktarı pamuğun üretim mevsimi boyunca harcadığı rapor edilen 600 mm (Harran Üniversitesi, Araştırma ve Uygulama Merkezi) olarak uygulanmış ve sulama düzeni göz önünde bulundurularak haftalık 100 mm su olacak şekilde 6 hafta boyunca her bir kolona 750 ml su eklenmiştir.

Her bir kolonun içindeki toprak biyokömür karışımının yüzeyine homojen olacak şekilde 116 mg Amonyumnitrat denemenin ilk gününde eklenmiştir (Pamuk için dekara 16 kg azot olacak şekilde hesaplanmıştır). Bunun üzerine de 1 cm olacak şekilde yıkanmış kaba kum ilave edilmiş ve yıkama işlemine başlanmıştır.

Her hafta yapılan yıkama işlemi sonrasında kolon altındaki erlenmayerde toplanan süzüklerin miktarı ölçülmüş ve bu süzüklerde pH ve EC değerleri pH ve EC metre ile NH_4^+ ve NO_3^- miktarları ise Shimadzu HIC 20A marka iyon kromotoğrafi cihazı ile belirlenmiştir.

Altı hafta sonunda, yıkama işlemi tamamlandıktan sonra her bir kolonun içindeki toprak karışımından üç ayrı derinlikten (örneğin yaklaşık 7 şer cm lik kısımlardan olacak şekilde) 2'şer paralelli olarak toprak örnekleri alınacak ve bu topraklarda NH_4^+ ve NO_3^- ekstraksiyonu 2 M KCl ile yapıldıktan sonra yine NH_4^+ ve NO_3^- ve miktarı Kjeldahl Azot Destilesyon cihazı ile distile edildikten sonra tirasyon ile belirlenecektir.

3.3. İstatistiksel Analizler

Deneme süresince elde edilen parametreler SPSS 20 uygulaması kullanılarak istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Araştırma bulgularında istatistik çözümlemede tek taraflı varyans analiz yöntemi % 5 önem seviyesinde uygulanmış ve ortalamaların değerlendirilmesinde Duncan testi ile karşılaştırma metodu kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Yıkama Sürecinde Süzüklerin Kimyasal Özelliklerinin Zamansal Değişimi

4.1.1. Süzüklerin pH değerleri

Araştırmada artan dozda biyokömür çeşitleri ile karıştırılmış toprak kolonunun haftalık olarak yıkanması sonrasında oluşan yıkama suyunun pH verilerinin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.05$), yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozunun ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Biyokömür, biyokömür dozları ve yıkama sayılarının ana etkilerini ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış topraklarının gözlem parametreleri birlikte değerlendirilmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre yıkama sularının ortalama pH değerleri üzerine biyokömür dozunun etkilerinin ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, biyokömür çeşidi ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$), biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı*biyokömür çeşidi interaksiyonu ($p<0.01$) etkilerinin ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Biyokömür uygulama dozları bakımından; mısır koçanı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda yıkama suyu pH değerinin kontrol toprağı yıkama suyuna göre % 1.5 dozu uygulaması ile arttığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu pH değerinin altına düştüğü gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda ise yıkama suyu pH değerinin kontrol toprağı yıkama suyuna göre % 1.5 dozu uygulaması ile azaldığı ve % 3.0 dozu

uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu pH değerinin üzerine çıktığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Mısır Koçanı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	0.017	2	0.009	1.278ns	0.372
Doz	0.201	2	0.100	15.055*	0.014
Hata1	0.027	4	0.007		
Yıkama Sayısı	3.636	5	0.727	87.366**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	1.256	10	0.126	15.094**	0.000
Hata2	0.250	30	0.008		
Genel	5.386	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 4.01				
Pamuk Sapı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	0.014	2	0.007	1.275ns	0.373
Doz	0.073	2	0.037	6.496ns	0.055
Hata1	0.023	4	0.006		
Yıkama Sayısı	2.472	5	0.494	87.739**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	0.283	10	0.028	5.026**	0.000
Hata2	0.169	30	0.006		
Genel	3.035	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 2.97				
Mısır Koçanı – Pamuk Sapı BiyokömürüOrtalaması					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Biyokömür	0.314	1	0.314	484.494**	0.002
Tekerrür	0.030	2	0.015	23.270*	0.041
Doz	0.016	2	0.008	1.281ns	0.329
Biyokömür*Doz	0.258	2	0.129	20.989**	0.001
Hata1	0.049	8	0.006		
Yıkama Sayısı	5.992	5	1.198	171.723**	0.000
Biyokömür*Yıkama Sayısı	0.116	5	0.023	3.310**	0.010
Doz *Yıkama Sayısı	1.193	10	0.119	17.089**	0.000
Biyokömür*Doz*Yıkama S.	0.347	10	0.035	4.969**	0.000
Hata2	0.419	60	0.007		
Genel	8.735	107			
Değişim Katsayısı (CV)	% 3.57				

Biyokömür dozlarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün uygulama dozlarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu pH değerinin kontrol toprağı yıkama suyuna göre % 1,5 dozu uygulaması ile arttığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu pH değerinin altına düştüğü gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2). Araştırma bulgularına göre mısır koçan

biyokömürü dozlarının yıkama suyu pH değeri üzerine etkileri olurken, pamuk sapı biyokömürü dozlarının yıkama suyu pH değeri üzerine etkisiz olduğu belirlenmiş ve dozlarının ana etkilerinin ise yıkama suyu pH değeri üzerine etkisiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin pH değerleri ortalamaları

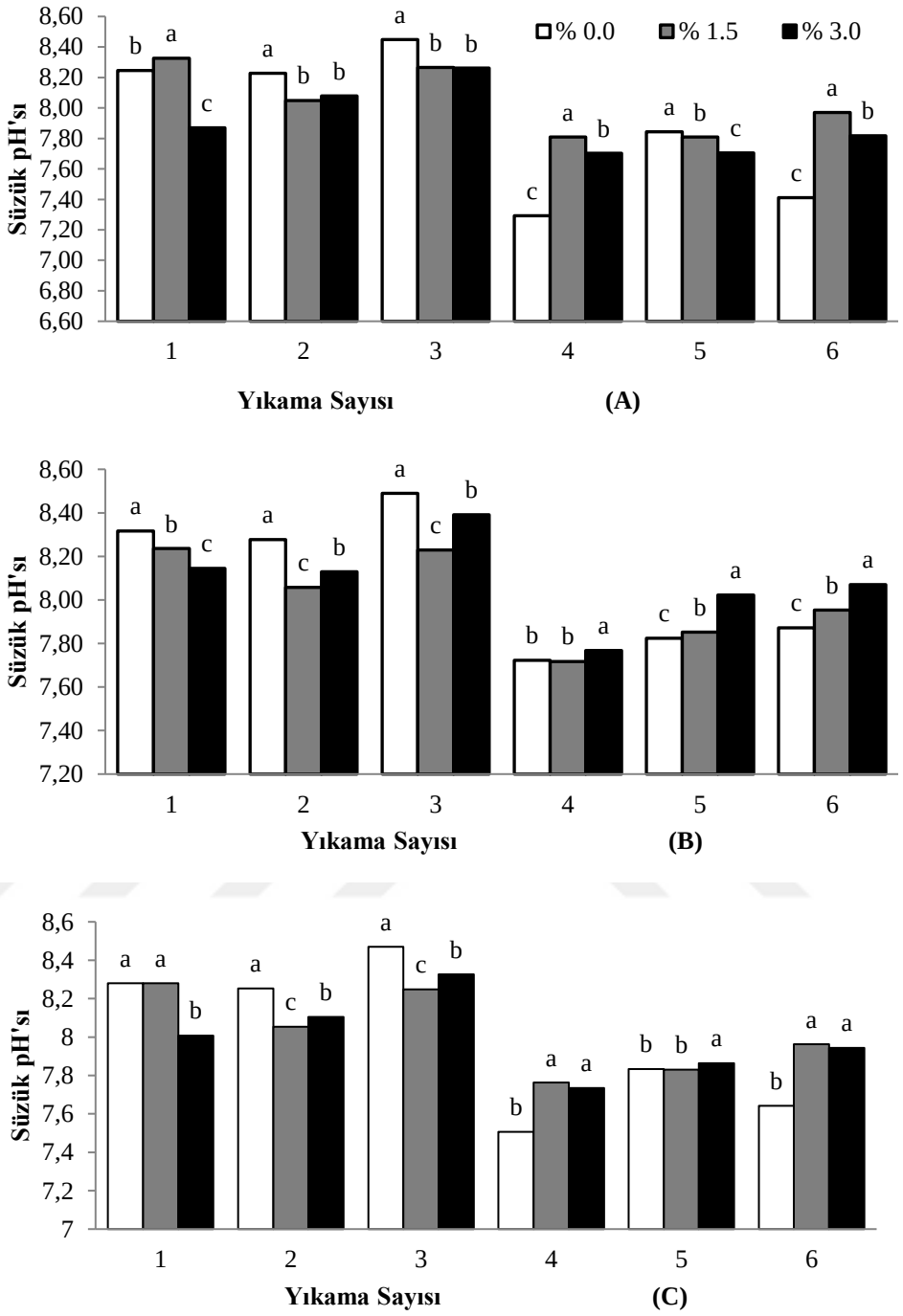
Biyokömür	Yıkama Sayısı	Biyokömür Dozları (%)		
		0	1.5	3.0
Mısır Koçanı	1. Hafta	8.246 b	8.327 ab	7.870 ef
	2. Hafta	8.228 bc	8.048 d	8.079 cd
	3. Hafta	8.449 a	8.266 b	8.261 b
	4. Hafta	7.292 h	7.809 fg	7.702 g
	5. Hafta	7.844 e-g	7.809 fg	7.705 g
	6. Hafta	7.412 h	7.970 de	7.818 e-g
	Ortalama	7.912 B	8.038 A	7.906 B
Pamuk Sapı	1. Hafta	8.316 bc	8.236 cd	8.145 de
	2. Hafta	8.277 bc	8.058 ef	8.130 de
	3. Hafta	8.490 a	8.229 cd	8.391 ab
	4. Hafta	7.722 i	7.718 i	7.768 hi
	5. Hafta	7.824 hi	7.852 gh	8.022 ef
	6. Hafta	7.872 gh	7.953 fg	8.070 ef
	Ortalama	8.084	8.008	8.088
Mısır Koçanı -Pamuk Sapı Ortalaması	1. Hafta	8.281 b	8.281 b	8.008 de
	2. Hafta	8.253 b	8.053 cd	8.104 c
	3. Hafta	8.470 a	8.248 b	8.326 b
	4. Hafta	7.507 k	7.763 hi	7.735 ij
	5. Hafta	7.834 gh	7.830 g-i	7.864 fg
	6. Hafta	7.642 j	7.962 de	7.944 ef
	Ortalama	7.998	8.023	7.997

Yıkama sayıları bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda yıkama suyu pH değerinin 1. yıkamaya göre 3. yıkamada arttığı ve 4. yıkamada tekrardan düşürek 1. yıkama suyu pH değerinin altına düştüğü gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda ise yıkama suyu pH değerinin 1. yıkamaya göre 2. yıkamada düştüğü, 3. yıkamada yükselerek en yüksek seviyeye ulaştığı ve 4. yıkamada tekrardan düşürek 1. yıkama suyu pH değerinin altına düştüğü gözlemlenmiştir. Yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı

biyokömürünün yıkama sayılarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu pH değerinin 1. yıkamaya göre 3. yıkamada arttığı ve 4. yıkamada tekrardan düşürek 1. yıkama suyu pH değerinin altına düştüğü gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toğrağın yıkama sayıları ve yıkama sayılarının ana etkilerine bakıldığında yıkama sayının artmasıyla birlikte yıkama suyunun pH değerinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Biyokömür çeşitlerinin ana etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürünün etkilerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda pamuk sapı biyokömürü uygulanan toprakların yıkama suyu pH değerinin mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprağın yıkama suyu pH değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonu bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu pH değerinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu pH değeri % 0 dozu * 3. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu pH değeri ise % 0 dozu * 4. ve 6. yıkamada gözlemlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu pH değerinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu pH değeri % 0 dozu * 3. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu pH değeri ise % 0 dozu * 4. yıkama ve % 1.5 dozu * 4. yıkamada gözlemlenmiştir. Biyokömür dozu*yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ortalama yıkama suyu pH değerinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu pH değeri % 0 dozu * 3. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu pH değeri ise % 0 dozu * 6. yıkamada gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2).



Şekil 4.1. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre pH değerleri (A: Mısır Koçanı Biyokömürü, B: Pamuk Sapı Biyokömürü, C: Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı Biyokümürü Ortlaması)

Araştırma sonuçlarımıza benzer olarak, Özyavuz (2017), patlıcan bitkisi yetiştirilen toprağa artan dozlarda biyokömür uyguladıkları araştırmalarında biyokömür uygulamasıyla birlikte toprak pH değerinin kontrol toprağına göre önemli miktarda azaldığı belirtilmiştir. Sonuçlarımıza zıt olarak, Bodur (2016), biyokömür uygulaması yaptıkları toprakların yıkanması sonucunda elde ettikleri yıkama suyunun pH değerinin artan doz artışına bağlı olarak düştüğünü, yıkama sayısının artmasına bağlı olarak ise yıkama suyu pH değerinin arttığını belirtmiştir. Çoğunlukla alkali karakterde olan biyokömürün toprağa uygulanması sonucunda toprakların pH'nın değerinde artışlar meydana geldiği farklı araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Chan ve ark., 2008; Gaskin ve ark., 2010; Laird ve ark., 2010; Günal, 2018).

Brewer ve Brown (2012), biyokömür ilavesi ile toprağın pH'sının yükselmesinin nedeninin biyokömürün etrafındaki eksi yüklü fenolik, karboksil ve hidroksil gruplarının toprak içindeki H^+ yüklerin bağlanması ve çözeltideki H^+ yüklerin derişiminin azaltması ile açıklamışlardır. Birçok araştırmada biyokömür ilavesi ile beraber toprak pH'sının artışı bildirildiği halde, ince bünyeli ağır bir toprağa 3 ton/da çam ağacı biyokömürü kullanan Foster ve ark. (2016), biyokömür kullanımının toprağın pH'sında çok fazla bir değişimin olmadığını bildirmişlerdir.

4.1.2. Süzüklerin EC değerleri

Araştırmada artan dozda biyokömür çeşitleri ile karıştırılmış toprak kolonunun haftalık olarak yıkanması sonrasında oluşan yıkama suyunun EC değerleriyle ilgili olasılık analizi Çizelge 4.3'de belirtilmiştir. Mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.05$), yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Biyokömür, biyokömür dozları ve yıkama sayılarının ana etkilerini ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış topraklarının gözlem

parametreleri birlikte değerlendirilmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre yıkama sularının ortalama EC değerleri üzerine biyokömür çeşidi ($p<0.05$), biyokömür dozu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$), biyokömür*doz interaksiyonu ($p<0.01$), biyokömür çeşidi*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.01$), biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı*biyokömür çeşidi interaksiyonu ($p<0.01$) etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Biyokömür uygulama dozları bakımından; mısır koçanı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda yıkama suyu EC değerinin kontrol toprağı yıkama suyuna göre % 1.5 dozu uygulaması ile azaldığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu EC değerinin üstüne çıktığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda ise yıkama suyu EC değerinin kontrol toprağı yıkama suyuna göre % 1.5 dozu uygulaması ile arttığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile artışın devam ettiği gözlemlenmiştir (Çizelge.4.4).

Biyokömür dozlarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün uygulama dozlarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu EC değerinin kontrol toprağı yıkama suyuna göre % 1.5 dozu uygulaması ile azaldığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu EC değerinin üzerine çıktığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulama dozları ve uygulama dozlarının ana etkilerine bakıldığında uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyunun EC değerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Yıkama sayıları bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda yıkama suyu EC değerinin 1. yıkamadan 4. yıkamaya kadar azaldığı ve 4. yıkamadan sonra sabit kaldığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda ise yıkama suyu EC değerinin 1. yıkamadan 4. yıkamaya kadar azaldığı ve 4. yıkamadan sonra sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün yıkama sayılarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu EC değerinin 1. yıkamadan 4. yıkamaya kadar azaldığı ve 4. yıkamadan sonra sabit kaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4). Araştırma

bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toğrağın yıkama sayıları ve yıkama sayılarının ana etkilerine bakıldığında yıkama sayının artmasıyla birlikte yıkama suyunun EC değerinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.3. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin EC değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Mısır Koçanı Biyokömürü

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Tekerrür	22397.481	2	11198.741	1.058ns	0.428
Doz	363242.704	2	181621.352	17.165*	0.011
Hata1	42324.296	4	10581.074		
Yıkama Sayısı	2790933.426	5	558186.685	227.682**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	2400056.852	10	240005.685	97.897**	0.000
Hata2	73548.222	30	2451.607		
Genel	5692502.981	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 47.77				

Pamuk Sapı Biyokömürü

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Tekerrür	1296.037	2	648.019	0.255ns	0.787
Doz	633573.370	2	316786.685	124.438**	0.000
Hata1	10182.963	4	2545.741		
Yıkama Sayısı	2324246.315	5	464849.263	108.536**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	554474.185	10	55447.419	12.946**	0.000
Hata2	128487.667	30	4282.922		
Genel	3652260.537	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 33.61				

Mısır Koçanı – Pamuk Sapı Biyokömürü Ortalaması

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Biyokömür	244055.148	1	244055.148	28.618*	0.033
Tekerrür	6637.389	2	3318.694	0.389ns	0.720
Doz	775756.500	2	387878.250	59.097**	0.000
Biyokömür*Doz	221059.574	2	110529.787	16.840**	0.001
Hata1	52507.259	8	6563.407		
Yıkama Sayısı	5038883.333	5	1007776.667	299.286**	0.000
Biyokömür*Yıkama Sayısı	76296.407	5	15259.281	4.532**	0.001
Doz *Yıkama Sayısı	2298810.833	10	229881.083	68.269**	0.000
Biyokömür*Doz*Yıkama S.	655720.204	10	65572.020	19.473**	0.000
Hata2	202035.889	60	3367.265		
Genel	9588818.667	107			
Değişim Katsayısı (CV)	%40.81				

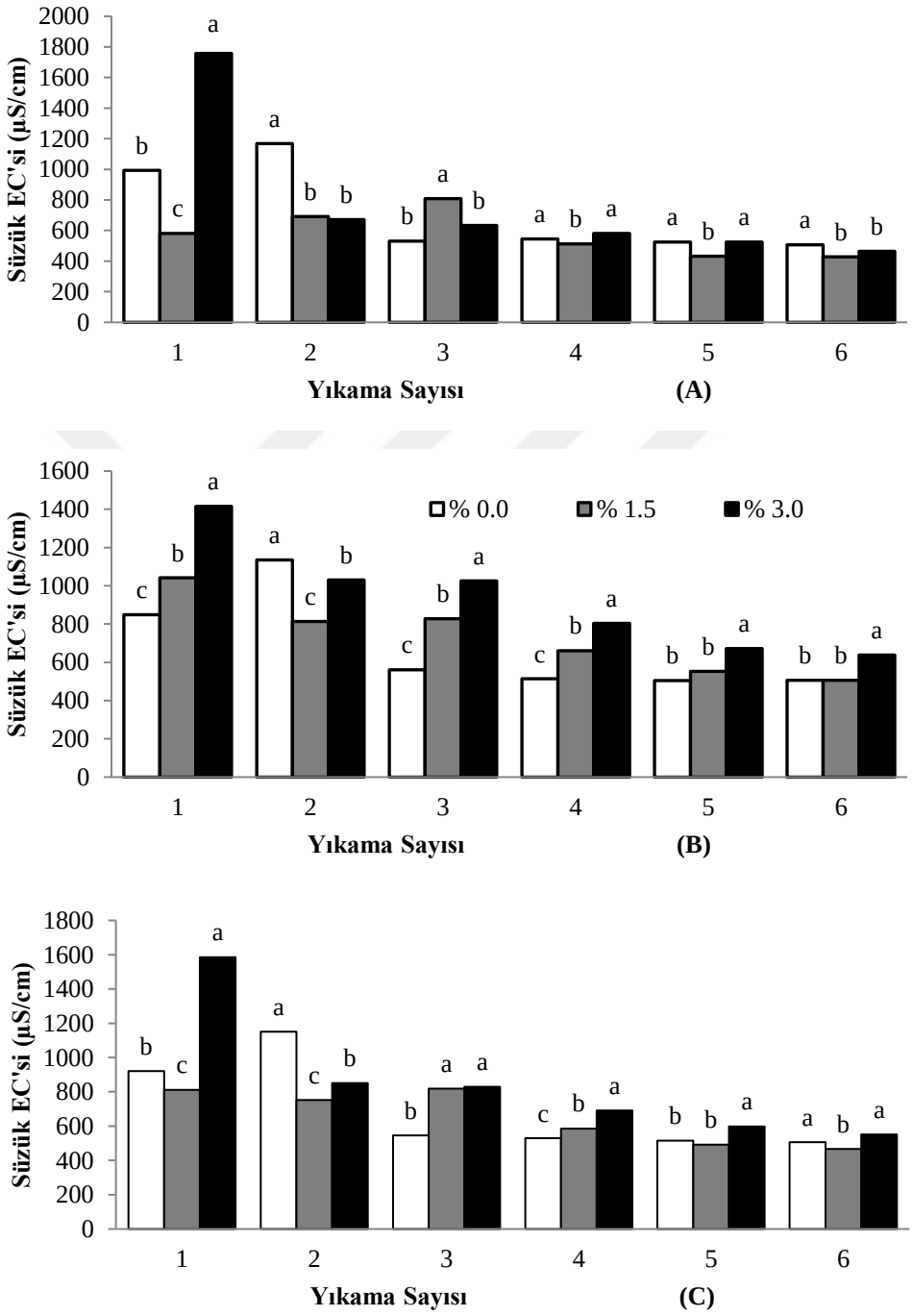
Çizelge 4.4. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin EC değerleri ortalamaları

Biyokömür	Yıkama Sayısı	Biyokömür Dozları (%)		
		0	1.5	3.0
Mısır Koçanı	1. Hafta	992.0 c	580.3 fg	1756.3 a
	2. Hafta	1168.3 b	691.7 e	670.7 e
	3. Hafta	531.3 gh	808.3 d	633.0 ef
	4. Hafta	545.0 gh	512.0 g-i	581.0 fg
	5. Hafta	524.0 gh	432.3 ij	523.7 gh
	6. Hafta	507.3 g-j	427.3 j	463.7 h-j
	Ortalama	711.3 B	575.3 C	771.4 A
Pamuk Sapı	1. Hafta	849.0 c	1041.7 b	1414.3 a
	2. Hafta	1135.0 b	813.7 c	1031.0 b
	3. Hafta	561.3 ef	828.7 c	1026.0 b
	4. Hafta	514.3 f	660.7 de	803.3 c
	5. Hafta	505.3 f	553.3 ef	671.7 d
	6. Hafta	505.7 f	505.7 f	639.0 de
	Ortalama	678.4 C	733.9 B	930.9 A
Mısır Koçanı -Pamuk Sapı Ortalaması	1. Hafta	920.5 c	811.0 de	1585.3 a
	2. Hafta	1151.7 b	752.7 ef	850.8 d
	3. Hafta	546.3 g-i	818.5 de	829.5 d
	4. Hafta	529.7 h-j	586.3 gh	692.2 f
	5. Hafta	514.7 ij	492.8 ij	597.7 g
	6. Hafta	506.5 ij	466.5 j	551.3 g-i
	Ortalama	694.9 B	654.6 C	851.1 A

Biyokömür çeşitlerinin ana etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürünün etkilerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda pamuk sapı biyokömürü uygulanan toprakların yıkama suyu EC değerinin mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprağın yıkama suyu EC değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonu bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu EC değerinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu EC değeri % 3.0 dozu*1. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu EC değeri ise % 1.5 dozu*6. yıkamada gözlemlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu EC değerinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama

suyu EC değeri % 3.0 dozu*1. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu EC değeri ise % 0 dozu*4. yıkama ve % 1.5 dozu*6. yıkamada gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre EC değerler (A: Mısır Koçanı Biyokömürü, B: Pamuk Sapı Biyokömürü, C: Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı Biyokümürü Ortlaması)

Biyokömür dozu*yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ortalama yıkama suyu pH değerinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu EC değeri % 3.0 dozu*1. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu EC değeri ise % 1.5 dozu*6. yıkamada gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4).

Sonuçlarımıza benzer olarak, Özyavuz (2017), patlıcan bitkisi yetiştirilen tuzlu ve tuzsuz toprağa % 0-0.3-0.6 oranında biyokömür uygulanmış araştırma sonucunda artan dozlarda biyokömür uygulamasıyla birlikte toprak EC değerinin kontrol toprağına göre önemli miktarda azaldığını belirtilmiştir. Buna zıt olarak, Bodur (2016), biyokömür uygulaması yaptıkları toprakların yıkanması sonucunda elde ettikleri yıkama suyunun EC değerinin artan doz artışına bağlı olarak arttığını, yıkama sayısının artmasına bağlı olarak ise yıkama suyu EC değerinin azaldığını belirtmiştir. Günal (2018), buğday yetiştirilen araziye artan dozlarda biyokömür uygulanması sonucunda toprakların EC değerlerinin arttığını belirtmiştir. Biyokömür oranının çoğalması ile EC oranının fazla olması Prapagdee ve Tawiteung (2017), gibi birçok araştırmacı yönünden de doğrulanmıştır. Araştırmacılar toprağın alabileceği formdaki N ve K'un toprağın tuz oranınıa etkisini belirtirken, uyguladıkları en fazla biyokömür uygulamasında (%10) toprağın K ve N konsantrasyonunun da çok büyük olduğunu söylemişlerdir. Benzer olarak, Sayğan (2017), mısır yetiştirilen kireçli toprağa artan dozlarda biyokömür uygulanması sonucunda toprakların çözünebilir Ca, Mg, Na ve K içeriklerinin arttığını ve buna bağlı olarak ta toprak EC değerini yükselttiğini belirtmiştir.

4.1.3. Süzük miktarları

Araştırmada artan dozda biyokömür çeşitleri ile karıştırılmış toprak kolonunun haftalık olarak yıkanması sonrasında oluşan yıkama suyunun süzük miktarlarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p>0.05$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p>0.05$)

istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, yıkama sayısının ise ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Yıkama kolonlarından elde edilen süzük miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Mısır Koçanı Biyokömürü

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Tekerrür	289.815	2	144.907	1.061ns	0.427
Doz	73.148	2	36.574	0.268ns	0.778
Hata1	546.296	4	136.574		
Yıkama Sayısı	9435.648	5	1887.130	13.762**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	2454.630	10	245.463	1.790ns	0.106
Hata2	4113.889	30	137.130		
Genel	16913.426	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 2.57				

Pamuk Sapı Biyokömürü

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Tekerrür	1233.333	2	616.667	6.167ns	0.060
Doz	4233.333	2	2116.667	21.167**	0.007
Hata1	400.000	4	100.000		
Yıkama Sayısı	28844.444	5	5768.889	14.382**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	13188.889	10	1318.889	3.288**	0.006
Hata2	12033.333	30	401.111		
Genel	59933.333	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 4.94				

Mısır Koçanı – Pamuk Sapı Biyokömürü Ortalaması

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Biyokömür	4866.898	1	4866.898	13.469ns	0.067
Tekerrür	800.463	2	400.231	1.108ns	0.474
Doz	2550.463	2	1275.231	10.781**	0.005
Biyokömür*Doz	1756.019	2	878.009	7.423*	0.015
Hata1	946.296	8	118.287		
Yıkama Sayısı	34473.380	5	6894.676	25.619**	0.000
Biyokömür*Yıkama Sayısı	3806.713	5	761.343	2.829*	0.023
Doz *Yıkama Sayısı	6952.315	10	695.231	2.583*	0.011
Biyokömür*Doz*Yıkama S.	8691.204	10	869.120	3.229**	0.002
Hata2	16147.222	60	269.120		
Genel	81713.657	107			
Değişim Katsayısı (CV)	% 4.02				

Biyokömür, biyokömür dozları ve yıkama sayılarının ana etkilerini ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış

topraklarının gözlem parametreleri birlikte değerlendirilmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre yıkama sularının ortalama EC değerleri üzerine biyokömür çeşitlerinin ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, biyokömür dozu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$), biyokömür*doz interaksiyonu ($p<0.05$), biyokömür çeşidi*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.05$), biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.05$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı*biyokömür çeşidi interaksiyonu ($p<0.01$) etkilerinin ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Yıkama kolonlarından elde edilen süzük miktarı ortalamaları

Biyokömür	Yıkama Sayısı	Biyokömür Dozları (%)		
		0	1.5	3.0
Mısır Koçanı	1. Hafta	663.3	690.0	680.0
	2. Hafta	710.0	706.7	705.0
	3. Hafta	713.3	710.0	696.7
	4. Hafta	710.0	703.3	700.0
	5. Hafta	690.0	700.0	696.7
	6. Hafta	673.3	666.7	686.7
	Ortalama	693.3	696.1	694.2
Pamuk Sapı	1. Hafta	673.3 c-g	653.3 g	593.3 h
	2. Hafta	706.7 a-c	710.0 ab	706.7 a-c
	3. Hafta	706.7 a-c	703.3 a-d	670.0 d-g
	4. Hafta	676.7 b-g	713.3 a	703.3 a-d
	5. Hafta	666.7 e-g	700.0 a-e	690.0 a-f
	6. Hafta	653.3 g	673.3 c-g	660.0 fg
	Ortalama	680.6 AB	692.2 A	670.6 B
Mısır Koçanı -Pamuk Sapı Ortalaması	1. Hafta	668.3 de	671.7 de	636.7 f
	2. Hafta	708.3 a	708.3 a	705.8 a
	3. Hafta	710.0 a	706.7 a	683.3 b-d
	4. Hafta	693.3 a-c	708.3 aa	701.7 ab
	5. Hafta	678.3 c-e	700.0 ab	693.3 a-c
	6. Hafta	663.3 e	670.0 de	673.3 de
	Ortalama	686.9 AB	694.2 A	682.4 B

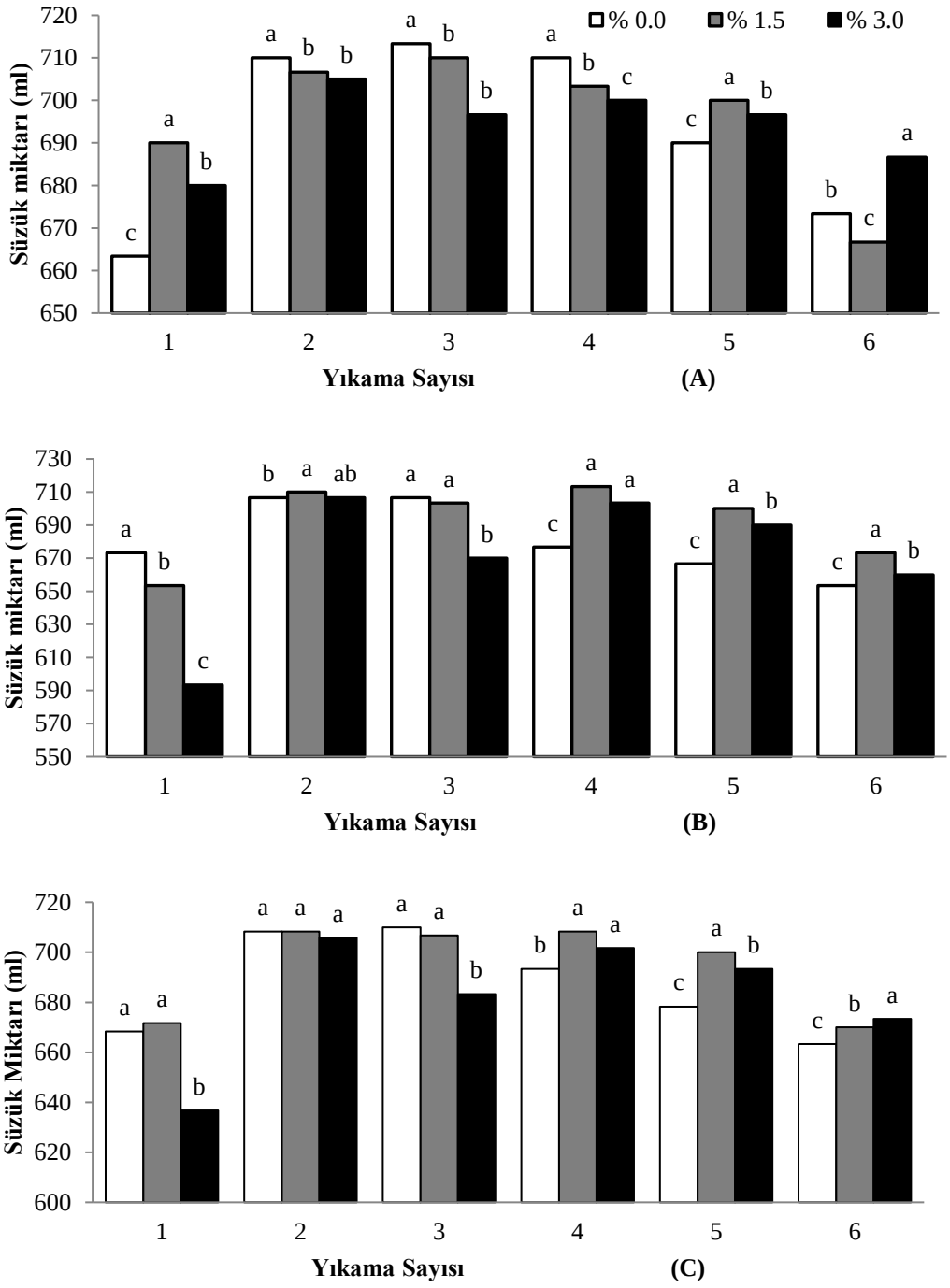
Biyokömür uygulama dozları bakımından; mısır koçanı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda yıkama suyu miktarlarının kontrol toprağı yıkama suyu miktarına göre % 1.5 dozu uygulaması ile arttığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu miktarına yaklaştığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda ise yıkama suyu miktarlarının

kontrol toprağı yıkama suyu miktarına göre % 1.5 dozu uygulaması ile arttığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu miktarına yaklaştığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6).

Biyokömür dozlarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün uygulama dozlarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu miktarlarının kontrol toprağı yıkama suyu miktarına göre % 1.5 dozu uygulaması ile arttığı ve % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar kontrol toprağı yıkama suyu miktarına yaklaştığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulama dozları ve uygulama dozlarının ana etkilerine bakıldığında uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyu miktarının önce arttığı daha sonra ise tekrar azaldığı gözlemlenmiştir.

Yıkama sayıları bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda yıkama suyu miktarının 2. yıkamada arttığı ve 6. yıkamada tekrar azaldığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda ise yıkama suyu miktarının 2. yıkamada arttığı ve 6. yıkamada tekrar azaldığı gözlemlenmiştir. Yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün yıkama sayılarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu miktarının 2. yıkamada arttığı ve 6. yıkamada tekrar azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toğrağın yıkama sayıları ve yıkama sayılarının ana etkilerine bakıldığında yıkama sayının artmasıyla birlikte yıkama suyu miktarının önce arttığı daha sonra ise tekrar azaldığı gözlemlenmiştir.

Biyokömür çeşitlerinin ana etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürünün etkilerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda pamuk sapı biyokömürü uygulanan toprakların yıkama suyu miktarının mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprağın yıkama suyu miktarından daha yüksek olmasına rağmen aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).



Şekil 4.3. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre süzük miktarı (A: Mısır Koçanı Biyokömürü, B: Pamuk Sapı Biyokömürü, C: Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı Biyokümürü Ortlaması)

Biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonu bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu miktarının biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanmasının istatistiksel

olarak önemsiz olduğu belirlenirken, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu miktarının biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu miktarı % 1.5 dozu*4. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu miktarı ise % 0 dozu*6. yıkamada gözlemlenmiştir. Biyokömür dozu*yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ortalama yıkama suyu miktarının biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu miktarı % 0.0 dozu*2. yıkama, % 1.5 dozu*2. yıkama ve % 3.0 dozu*2. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu miktarı ise % 3.0 dozu*1. yıkamada gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6).

Bodur (2016), biyokömür uygulaması yaptıkları toprakların yıkanması sonucunda elde ettikleri yıkama suyunun miktarının artan doz uygulamasına göre değişmediğini belirtirken, yıkama sayısının artmasına bağlı olarak ise yıkama suyu miktarının azaldığını belirtmiştir. Farklı olarak, Altun (2017), Günal (2018) ve Manirakiza (2019), tarafından topraklara artan dozlarda biyokömür uygulanması sonrasında toprakların su tutma kapasitelerinin arttığı belirtilmiştir. Yıkama işlemi sonrasında elde edilen süzük suyu miktarı biyokömür eklenmiş toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile doğrudan ilişkili olup biyokömürün eklendiği toprakların su tutma kapasitesi üzerine olumlu etki yaptıklarına dair çalışmalar bulunmaktadır (Laird ve ark., 2010; Carvalho ve ark., 2014; Dokoohaki ve ark., 2017). Gerçekleştirilen çalışmalarda, biyokömür eklenen topraktaki su oranının arttığı haber verilirken, topraktaki suyun artmasının biyokömürün gözenekli yapısı ve büyük yüzey alanları sayesinde olduğu bildirilmiştir (Verheijen ve ark., 2010; Sandhu ve ark., 2017). Carvalho ve ark. (2014), okaliptus ağacında elde elden biyokömürün toprağa karışımından 2 ve 3 yılın sonunda her bir ton/ha biyokömüre denk yarayışlı su miktarının %0.8 oranında fazlalaştığı söylenmiştir.

4.1.4. Amonyum içerikleri

Araştırmada artan dozda biyokömür çeşitleri ile karıştırılmış toprak kolonunun haftalık olarak yıkanması sonrasında oluşan yıkama suyunun amonyum içeriklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.01$), biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.01$) ve yıkama sayısının ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Biyokömür, biyokömür dozları ve yıkama sayılarının ana etkilerini ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış topraklarının gözlem parametreleri birlikte değerlendirilmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre yıkama sularının ortalama amonyum içeriği üzerine biyokömür çeşitleri ($p>0.05$), biyokömür çeşidi*yıkama sayısı interaksiyonu ($p>0.05$), biyokömür dozu*yıkama sayısı*biyokömür çeşidi interaksiyonunun ($p>0.05$) etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, biyokömür dozu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$), biyokömür*doz interaksiyonu ($p<0.05$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) etkilerinin ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Biyokömür uygulama dozları bakımından; mısır koçanı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda yıkama suyu amonyum içeriğinin kontrol toprağı yıkama suyu amonyum içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 86 azaldığı, % 3.0 dozu uygulaması ile % 95 azaldığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda ise yıkama suyu amonyum içeriğinin kontrol toprağı yıkama suyu amonyum içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 84 azaldığı, 3.0 dozu uygulaması ile % 95 azaldığı gözlemlenmiştir. Biyokömür dozlarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün uygulama dozlarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu amonyum içeriğinin kontrol toprağı yıkama suyu amonyum içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 85

azaldığı, % 3.0 dozu uygulaması ile % 95 azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.8). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulama dozları ve uygulama dozlarının ana etkilerine bakıldığında uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyu amonyum içeriklerinin yine azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.7. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin amonyum içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

Mısır Koçanı Biyokömürü

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Tekerrür	0.024	2	0.012	6.683ns	0.053
Doz	1.931	2	0.966	548.618**	0.000
Hata1	0.007	4	0.002		
Yıkama Sayısı	0.748	5	0.150	94.166**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	1.386	10	0.139	87.279**	0.000
Hata2	0.048	30	0.002		
Genel	4.143	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 160.61				

Pamuk Sapı Biyokömürü

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Tekerrür	0.040	2	0.020	6.144ns	0.060
Doz	1.338	2	0.669	206.061**	0.000
Hata1	0.013	4	0.003		
Yıkama Sayısı	0.949	5	0.190	111.424**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	1.716	10	0.172	100.722**	0.000
Hata2	0.051	30	0.002		
Genel	4.108	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 187.91				

Mısır Koçanı – Pamuk Sapı Biyokömürü Ortalaması

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Biyokömür	0.018	1	0.018	12.903ns	0.070
Tekerrür	0.061	2	0.030	21.545*	0.044
Doz	3.242	2	1.621	647.485**	0.000
Biyokömür*Doz	0.028	2	0.014	5.510*	0.031
Hata1	0.020	8	0.003		
Yıkama Sayısı	1.684	5	0.337	204.574**	0.000
Biyokömür*Yıkama Sayısı	0.013	5	0.003	1.625ns	0.167
Doz *Yıkama Sayısı	3.083	10	0.308	187.316**	0.000
Biyokömür*Doz*Yıkama S.	0.019	10	0.002	1.160ns	0.335
Hata2	0.099	60	0.002		
Genel	8.269	107			
Değişim Katsayısı (CV)	% 172.54				

Yıkama sayıları bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda yıkama suyu amoyum içeriğinin 2. yıkamada

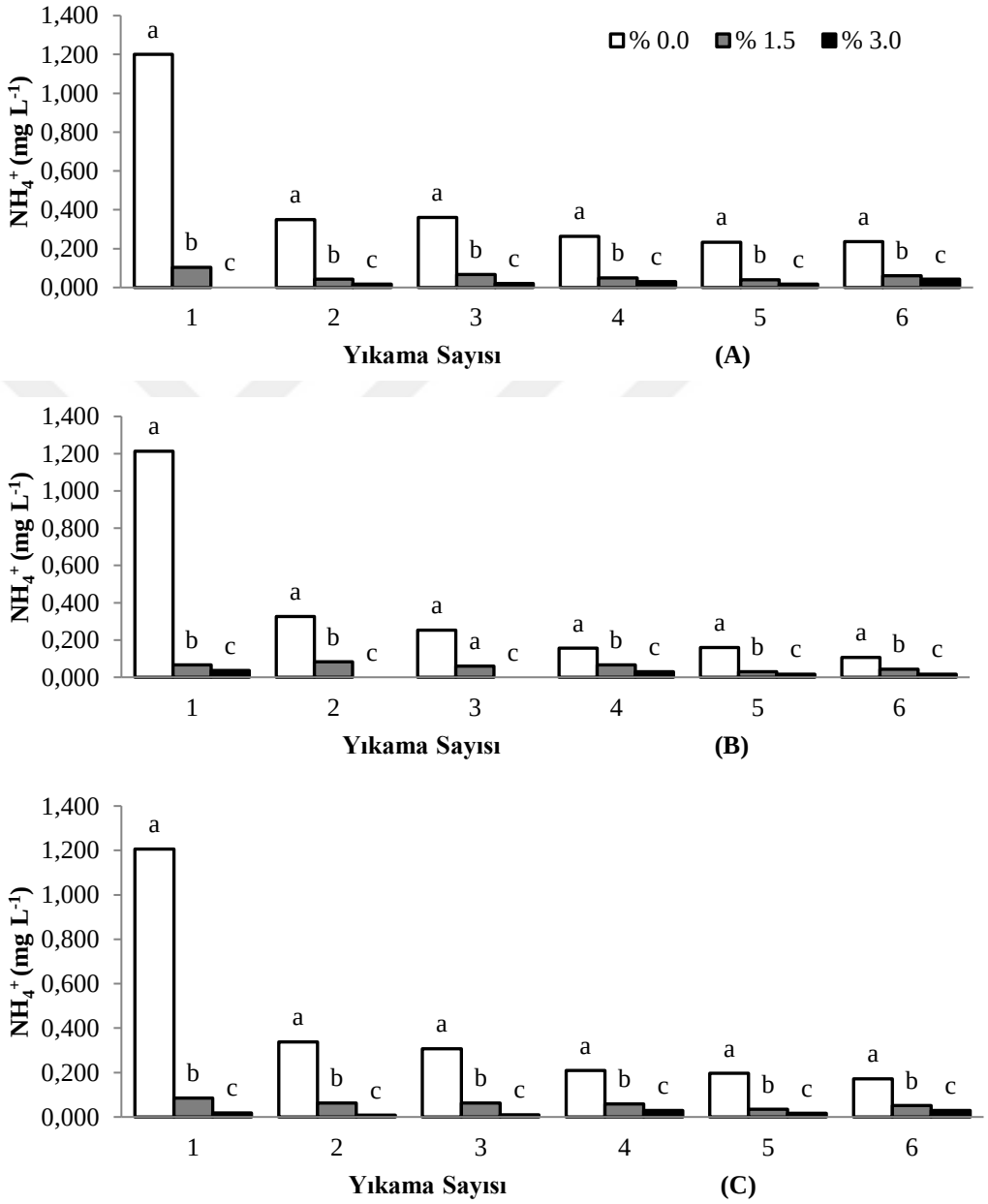
önemli miktarda azaldığı ve 6. yıkamaya kadar benzer davrandığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda ise yıkama suyu amoyum içeriğinin yine 2. yıkamada önemli miktarda azaldığı ve 6. yıkamaya kadar sürekli azalma gözlemlenmiştir. Yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün yıkama sayılarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu amoyum içeriğinin 2. yıkamada yine önemli miktarda azaldığı ve 6. yıkamaya kadar düzenli olarak azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.8). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toğrağın yıkama sayıları ve yıkama sayılarının ana etkilerine bakıldığında yıkama sayının artmasıyla birlikte yıkama suyu amonyum içeriğinin düzenli olarak azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.8. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin amonyum içeriği ortalamaları

Biyokömür	Yıkama Sayısı	Biyokömür Dozları (%)		
		0	1.5	3.0
Mısır Koçanı	1. Hafta	1.200 a	0.103 d	0.000 f
	2. Hafta	0.350 b	0.043 def	0.017 ef
	3. Hafta	0.360 b	0.067 de	0.020 ef
	4. Hafta	0.263 c	0.050 def	0.030 ef
	5. Hafta	0.233 c	0.040 def	0.017 ef
	6. Hafta	0.237 c	0.060 def	0.043 def
	Ortalama	0.441 A	0.061 B	0.021 C
Pamuk Sapı	1. Hafta	1.213 a	0.067 efg	0.037 fg
	2. Hafta	0.327 b	0.083 ef	0.000 g
	3. Hafta	0.253 c	0.060 efg	0.000 g
	4. Hafta	0.157 d	0.067 efg	0.030 fg
	5. Hafta	0.160 d	0.030 fg	0.017 fg
	6. Hafta	0.107 de	0.043 efg	0.017 fg
	Ortalama	0.369 A	0.058 B	0.017 C
Mısır Koçanı -Pamuk Sapı Ortalaması	1. Hafta	1.207 a	0.085 d	0.018 ef
	2. Hafta	0.338 b	0.063 de	0.008 f
	3. Hafta	0.307 b	0.063 de	0.010 f
	4. Hafta	0.210 c	0.058 de	0.030 ef
	5. Hafta	0.197 c	0.035 ef	0.017 ef
	6. Hafta	0.172 c	0.052 def	0.030 ef
	Ortalama	0.405 A	0.059 B	0.019 C

Biyokömür çeşitlerinin ana etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürünün etkilerinin birlikte değerlendirilmesi

sonucunda pamuk sapı biyokömürü uygulanan toprakların yıkama suyu amonyum içeriklerinin mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprağın yıkama suyu amonyum içeriğinden daha yüksek olmasına rağmen aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).



Şekil 4.4. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre NH_4^+ içerikleri (A: Mısır Koçanı Biyokömürü, B: Pamuk Sapı Biyokömürü, C: Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı Biyokümürü Ortalaması)

Biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonu bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu amonyum içeriğinin

biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanmasına, kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu amonyum içeriği % 0.0 dozu*1. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu amonyum içeriği ise % 3 dozu*1. yıkamada gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu amonyum içeriğinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu amonyum içeriği % 0.0 dozu*1. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu amonyum içeriği ise % 3.0 dozu*2. ve 3. yıkamada gözlemlenmiştir. Biyokömür dozu*yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ortalama yıkama suyu amonyum içeriğinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu amonyum içeriği % 0.0 dozu*1. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu amonyum içeriği ise % 3.0 dozu*2. ve 3. yıkamada gözlemlenmiştir (Çizelge 4.8).

Günal ve ark. (2017), biyokömür uygulaması yaptıkları toprakların yıkanması sonucunda elde ettikleri yıkama suyunun NH_4^+ içeriğinin artan doz uygulamasına göre değişmediğini belirtirken, yıkama sayısının artmasına bağlı olarak ise yıkama suyu NH_4^+ içeriğinin azaldığını belirtmiştir. Buna zıt olarak, Sika ve Hardie (2014), Çam ağacından elde ettikleri biyokömürü toprağa % 0.5-2.5-10 oranlarında karıştırdıktan sonra ve toprağa 10 kg/da amonyum nitrat gübresi uygulamışlar ve 6 hafta boyunca yıkama yapmışlardır. Araştırma sonucunda % 10 biyokömür uyguladıkları konuda amonyum yıkanmasının % 86 azaldığını belirtirken, Singh ve ark. (2010), ise Avustralya'da biyokömür ilavesinin alfisol toprakta NH_4^+ yıkanmasını % 54 ile % 94 arasında azaldığını belirtmişlerdir. Biyokömür uygulanmış toprağa uygulanan amonyum biyokömür uygulaması ile bitikte artan katyon değişim yüzeyleri tarafından tutulmasına bağlı olarak stabilizasyonunun arttığı farklı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Laird ve ark., 2008; Lehmann ve ark., 2011).

4.1.5. Nitrat içerikleri

Araştırmada artan dozda biyokömür çeşitleri ile karıştırılmış toprak kolonunun haftalık olarak yıkanması sonrasında oluşan yıkama suyunun nitrat içeriklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da bildirilmiştir. Mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.01$), biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.01$) ve yıkama sayısının ise ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Biyokömür, biyokömür dozları ve yıkama sayılarının ana etkilerini ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış topraklarının gözlem parametreleri birlikte değerlendirilmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre yıkama sularının ortalama nitrat içeriği üzerine biyokömür çeşitlerinin ($p>0.05$) etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, biyokömür dozu ($p<0.01$), biyokömür*doz interaksiyonu ($p<0.01$), biyokömür çeşidi*yıkama sayısı interaksiyonu ($p<0.01$), biyokömür dozu*yıkama sayısı*biyokömür çeşidi interaksiyonu ($p<0.01$), yıkama sayısı ($p<0.01$) ve biyokömür dozu*yıkama sayısı interaksiyonunun ($p<0.01$) etkilerinin ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Biyokömür uygulama dozları bakımından; mısır koçanı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda yıkama suyu nitrat içeriğinin kontrol toprağı yıkama suyu nitrat içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 70 azaldığı, % 3.0 dozu uygulaması ile % 79 azaldığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda ise yıkama suyu nitrat içeriğinin kontrol toprağı yıkama suyu nitrat içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 84 azaldığı, % 3.0 dozu uygulaması ile yine % 52 azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10). Biyokömür dozlarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün uygulama dozlarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu nitrat

içeriğinin kontrol toprağı yıkama suyu nitrat içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 60 azaldığı, % 3.0 dozu uygulaması ile yine % 67 azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulama dozları ve uygulama dozlarının ana etkilerine bakıldığında uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyu nitrat içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin nitrat içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

Mısır Koçanı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	967.107	2	483.554	1.956ns	0.256
Doz	305725.198	2	152862.599	618.326**	0.000
Hata1	988.881	4	247.220		
Yıkama Sayısı	630006.660	5	126001.332	338.592**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	287770.211	10	28777.021	77.330**	0.000
Hata2	11163.989	30	372.133		
Genel	1236622.045	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 142.85				
Pamuk Sapı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	15869.741	2	7934.870	4.615ns	0.091
Doz	106396.526	2	53198.263	30.943**	0.004
Hata1	6876.884	4	1719.221		
Yıkama Sayısı	548364.937	5	109672.987	118.775**	0.000
Doz * Yıkama Sayısı	250472.658	10	25047.266	27.126**	0.000
Hata2	27700.952	30	923.365		
Genel	955681.698	53			
Değişim Katsayısı (CV)	% 108.75				
Mısır Koçanı – Pamuk Sapı Biyokömürü Ortalaması					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Biyokömür	7391.396	1	7391.396	2.075ns	0.286
Tekerrür	9711.285	2	4855.643	1.363ns	0.423
Doz	386280.750	2	193140.375	196.436**	0.000
Biyokömür*Doz	25840.975	2	12920.487	13.141**	0.003
Hata1	7865.765	8	983.221		
Yıkama Sayısı	1133200.419	5	226640.084	349.889**	0.000
Biyokömür*Yıkama Sayısı	45171.177	5	9034.235	13.947**	0.000
Doz *Yıkama Sayısı	508192.207	10	50819.221	78.455**	0.000
Biyokömür*Doz*Yıkama S.	30050.661	10	3005.066	4.639**	0.000
Hata2	38864.940	60	647.749		
Genel	2199695.138	107			
Değişim Katsayısı (CV)	% 124.46				

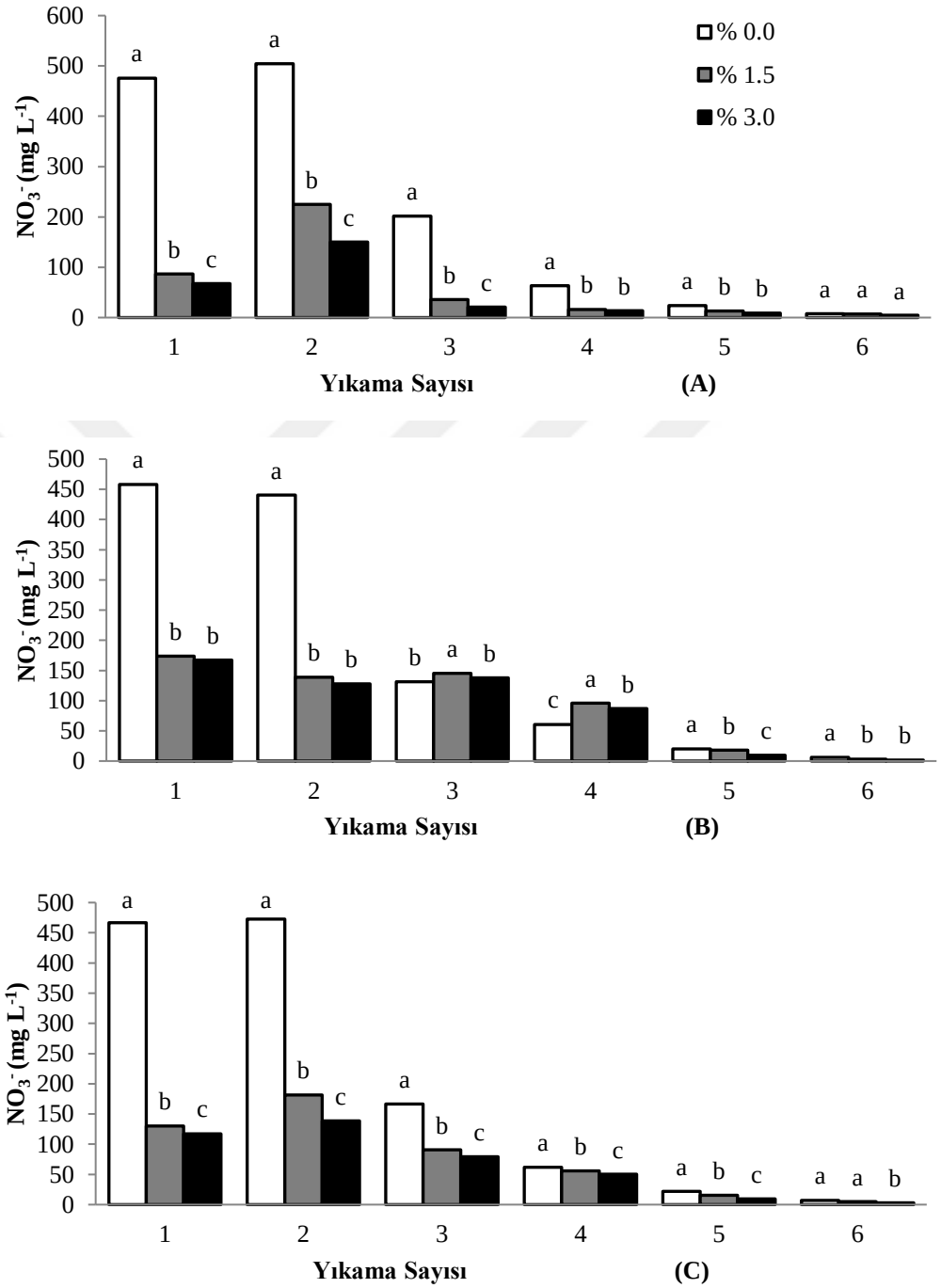
Yıkama sayıları bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda yıkama suyu nitrat içeriğinin 2. yıkamada arttığı ve 6. yıkamaya kadar düzenli olarak azaldığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ardışık olarak yıkanması sonucunda ise yıkama suyu nitrat içeriğinin 2. yıkamadan 6. yıkamaya kadar yine düzenli olarak azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Yıkama kolonlarından elde edilen süzüklerin nitrat içeriği ortalamaları

Biyokömür	Yıkama Sayısı	Biyokömür Dozları (%)		
		0	1.5	3.0
Mısır Koçanı	1. Hafta	475.8 a	86.47 d	67.72 de
	2. Hafta	504.4 a	224.7 b	149.9 c
	3. Hafta	201.6 b	35.98 ef	20.70 f
	4. Hafta	63.36 de	16.02 f	13.64 f
	5. Hafta	23.51 f	13.07 f	8.823 f
	6. Hafta	7.670 f	6.897 f	4.397 f
	Ortalama	212.7 A	63.86 B	44.19 C
Pamuk Sapı	1. Hafta	457.9 a	173.9 b	167.1 b
	2. Hafta	440.6 a	138.7 bc	127.9 bcd
	3. Hafta	131.1 bcd	145.4 bc	137.8 bc
	4. Hafta	60.58 ef	96.04 cde	86.89 de
	5. Hafta	20.21 fg	18.04 fg	9.707 g
	6. Hafta	6.273 g	3.077 g	1.393 g
	Ortalama	186.1 A	95.86 B	88.46 B
Mısır Koçanı -Pamuk Sapı Ortalaması	1. Hafta	466.8 a	130.2 d	117.4 de
	2. Hafta	472.5 a	181.7 b	138.9 cd
	3. Hafta	166.3 bc	90.69 ef	79.25 fg
	4. Hafta	61.97 fg	56.03 g	50.27 gh
	5. Hafta	21.86 hi	15.56 i	9.265 i
	6. Hafta	6.972 i	4.987 i	2.895 i
	Ortalama	199.4 A	79.86 B	66.32 C

Yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün yıkama sayılarının ortalaması ile elde edilen yıkama suyu nitrat içeriğinin 2. yıkamada arttığı ve 6. yıkamaya kadar düzenli olarak azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toğrağın yıkama sayıları ve yıkama sayılarının ana

etkilerine bakıldığında yıkama sayının artmasıyla birlikte yıkama suyu nitrat içeriğinin önce arttığı daha sonra ise düzenli olarak azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Biyokömür uygulanmış toprakların haftalık yıkamaya göre NO_3^- içerikleri (A: Mısır Koçanı Biyokömürü, B: Pamuk Sapı Biyokömürü, C: Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı Biyokümürü Ortlaması)

Biyokömür çeşitlerinin ana etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürünün etkilerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda pamuk sapı biyokömürü uygulanan toprakların yıkama suyu nitrat içeriklerinin mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprağın yıkama suyu nitrat içeriğinden daha düşük olmasına rağmen aralarındaki ayrımın istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonu bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu nitrat içeriğinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanmasına, kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu nitrat içeriği % 0.0 dozu*1. ve 2. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu nitrat içeriği ise % 0.0 – 1.5 – 3.0 dozu*6. yıkamada gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama suyu nitrat içeriğinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu nitrat içeriği % 0.0 dozu*1. ve 2. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu nitrat içeriği ise % 0.0 – 1.5 – 3.0 dozu*6. yıkamada gözlemlenmiştir. Biyokömür dozu*yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ortalama yıkama suyu nitrat içeriğinin biyokömür uygulama dozu*yıkama sayısı interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda en yüksek yıkama suyu nitrat içeriği % 0.0 dozu*1. ve 2. yıkamada gözlemlenirken, en düşük yıkama suyu nitrat içeriği ise % 0.0 – 1.5 – 3.0 dozu*6. yıkamada gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10).

Günal ve ark. (2017), biyokömür uygulaması yaptıkları toprakların yıkanması sonucunda elde ettikleri yıkama suyunun NO_3^- içeriğinin artan doz uygulamasına göre ve yıkama sayısının artmasına bağlı olarak azaldığını belirtmiştir.

De Luca ve ark. (2015), odundan elde edilen biyokömürün orman topraklarına uygulanması sonucunda nitrifikasyon oranının arttığını, Novak ve ark. (2010), ceviz kabuğundan elde edilen biyokömürün nitrat yıkanma oranını azalttığını, Sika ve Hardie (2014), artan dozlarda çam ağacı biyokömürünün tarım topraklarına uygulanan

nitratın yıkanma oranının % 96 azalttığını belirtmişlerdir. Benzer olarak, Altland ve Locke (2012), ise turba yosunundan elde edilen biyokömürünün artan dozlarda (% 0-1-5-10) uygulaması sonucunda biyokömür dozunun artmasına bağlı olarak nitratın belli bir süre tutularak yıkanmanın geciktiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Laird ve ark. (2008), biyokömürlerin anyon değişim yüzeylerinin de bulunduğunu ve bu yüzeylerde nitratı tutabildiğini, Case ve ark. (2012), ise biyokömürlerin poroziteli yapıları içerisinde nitratı fiziksel olarak tutabildiklerini belirtmişlerdir.

4.2. Yıkanma Sonrasında Kolon Topraklarının NH_4^+ Ve NO_3^- İçerikleri

4.2.1. Amonyum

Araştırmada artan dozda biyokömür çeşitleri ile karıştırılmış toprak kolonlarının 6 hafta boyunca yıkanması sonrasında toprak kolonundan derinliğe bağlı olarak alınan toprakların amonyum içeriklerine ait varyans analizi neticesi Çizelge 4.11'de belirtilmiştir. Mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların derinliğe göre amonyum içeriklerinin varyans analizi sonuçlarına göre toprak derinliği ($p>0.05$) ve biyokömür dozu*derinlik interaksiyonunun istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, biyokömür dozunun ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre toprak derinliği ($p>0.05$), biyokömür dozu*derinlik interaksiyonu ($p>0.05$) ve biyokömür dozunun ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Biyokömür, biyokömür dozları ve derinliğin ana etkilerini ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış topraklarının gözlem parametreleri birlikte değerlendirilmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre toprakların ortalama nitrat içeriği üzerine biyokömür çeşitleri ($p>0.05$), derinlik ($p>0.05$), biyokömür*derinlik interaksiyonu ($p>0.05$), biyokömür dozu*derinlik interaksiyonu ($p>0.05$) ve biyokömür dozu*derinlik*biyokömür çeşidi interaksiyonunun ($p>0.05$) etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, biyokömür dozu ($p<0.01$)

ve biyokömür*biyokömür dozu interaksiyonunun ($p<0.01$) etkilerinin ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Yıkama sonrasında kolon topraklarının amonyum içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

Mısır Koçanı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	15.293	2	7.646	3.291ns	0.143
Doz	204.717	2	102.359	44.061**	0.002
Hata1	9.292	4	2.32[b]		
Derinlik	1.403	2	0.702	0.448ns	0.649
Doz * Derinlik	5.241	4	1.310	0.836ns	0.528
Hata2	18.808	12	1.567		
Genel	254.754	26			
Değişim Katsayısı (CV)	% 38.96				
Pamuk Sapı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	1.674	2	0.837	0.236ns	0.800
Doz	6.864	2	3.432	0.967ns	0.454
Hata1	14.192	4	3.548		
Derinlik	0.510	2	0.255	0.081ns	0.923
Doz * Derinlik	17.480	4	4.370	1.386ns	0.297
Hata2	37.830	12	3.153		
Genel	1448.311	26			
Değişim Katsayısı (CV)	% 24.40				
Mısır Koçanı – Pamuk Sapı Biyokömürü Ortalaması					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Biyokömür	11.223	1	11.223	3.178ns	0.217
Tekerrür	9.903	2	4.952	1.402ns	0.416
Doz	141.405	2	70.702	24.085**	0.000
Biyokömür*Doz	70.176	2	35.088	11.953**	0.004
Hata1	23.485	8	2.936		
Derinlik	1.455	2	0.728	0.308ns	0.738
Biyokömür* Derinlik	0.458	2	0.229	0.097ns	0.908
Doz * Derinlik	13.954	4	3.488	1.478ns	0.240
Biyokömür*Doz*Derinlik	8.768	4	2.192	0.929ns	0.464
Hata2	56.638	24	2.360		
Genel	3445.967	54			
Değişim Katsayısı (CV)	% 33.64				

Biyokömür uygulama dozları bakımından; mısır koçanı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda toprağın amonyum içeriğinin kontrol toprağının amonyum içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile önce % 132 arttığı, % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar % 47 artarak % 1.5 dozu uygulamasına göre azaldığı

gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda ise toprağın amonyum içeriğinin kontrol toprağının amonyum içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 19 arttığı, % 3.0 dozu uygulaması ile % 12 artmış olup anlamlı bir değişim göstermemiştir (Çizelge 4.12).

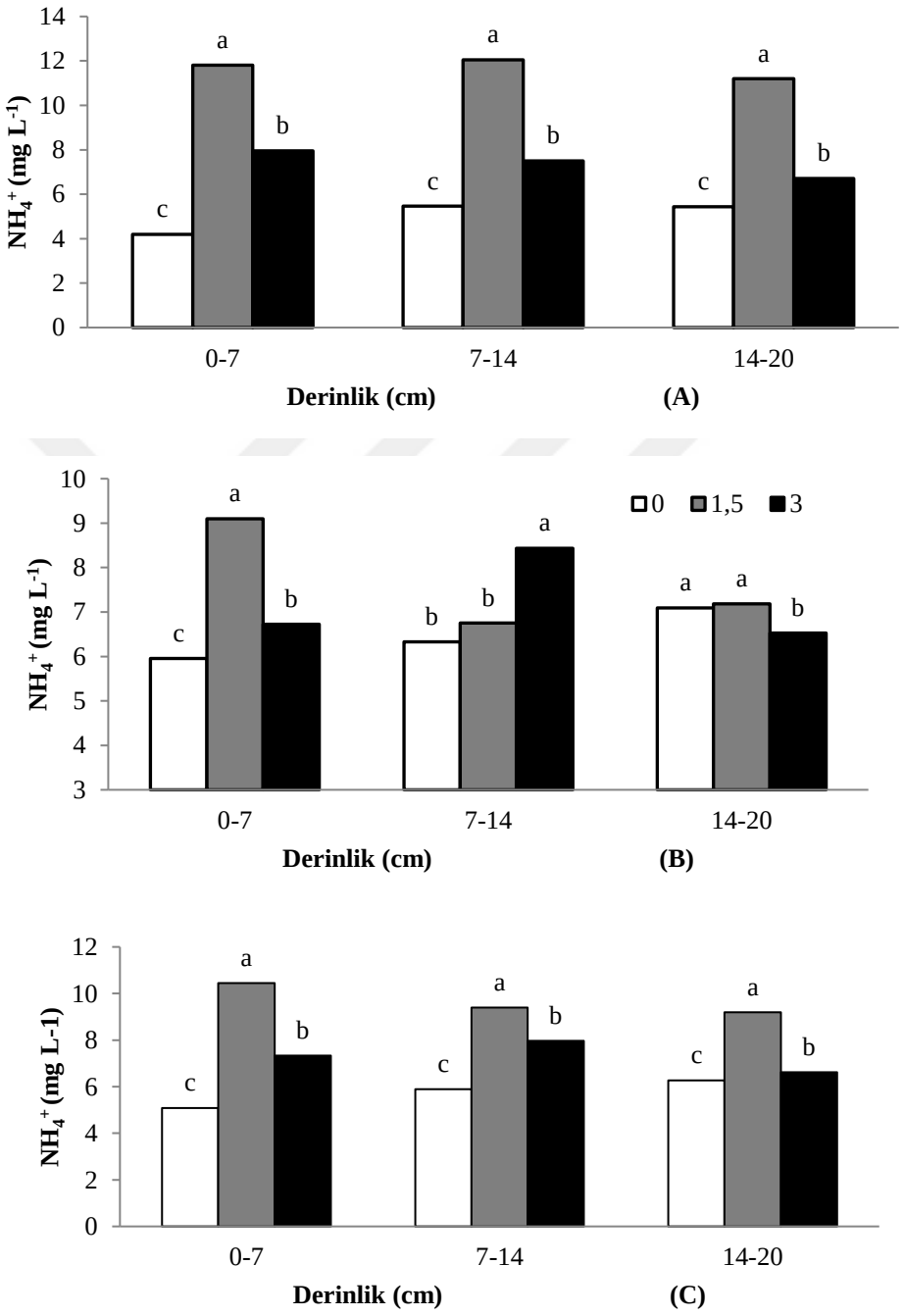
Biyokömür dozlarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün uygulama dozlarının ortalaması ile elde edilen toprak amonyum içeriğinin kontrol toprağı amonyum içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile önce % 68 arttığı, % 3.0 dozu uygulaması ile tekrar % 27 artarak % 1.5 dozu uygulamasına göre azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.12). Araştırma bulgularına göre mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulama dozları ve uygulama dozlarının ana etkilerine bakıldığında uygulama dozlarının artmasıyla birlikte toprağın amonyum içeriklerinin önce arttığı daha sonra ise tekrar azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Yıkama sonrasında kolon topraklarının amonyum içeriği ortalamaları

Biyokömür	Derinlik (cm)	Biyokömür Dozları (%)		
		0	1.5	3.0
Mısır Koçanı	0-7	4.20	11.81	7.95
	7-14	5.46	12.05	7.50
	14-20	5.44	11.20	6.71
	Ortalama	5.03 C	11.68 A	7.39 B
Pamuk Sapı	0-7	5.96	9.10	6.72
	7-14	6.33	6.75	8.44
	14-20	7.09	7.18	6.53
	Ortalama	6.46	7.68	7.23
Mısır Koçanı -Pamuk Sapı Ortalaması	0-7	5,08	10,45	7,34
	7-14	5,89	9,40	7,97
	14-20	6,27	9,19	6,62
	Ortalama	5.75 C	9.68 A	7.31 B

Toprak derinliği bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların derinliğe göre ayrılarak analiz edilmesi sonucunda amonyum içeriğinin derinliğe bağlı olarak değişmediği gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların derinliğe göre ayrılarak analiz edilmesi sonucunda amonyum içeriğinin yine derinliğe bağlı olarak değişmediği gözlemlenmiştir. Toprak derinliğinin ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün toprak amonyum

içeriklerinin ortalaması ile elde edilen verilere göre toprakların amonyum içeriğinin derinliğe bağlı olarak değişmediği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.12).



Şekil 4.6. Biyokömür uygulanmış toprağın derinliğe göre NH_4^+ içerikleri (A: Mısır Koçanı Biyokömürü, B: Pamuk Sapı Biyokömürü, C: Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı Biyokümürü Ortlaması)

Biyokömür çeşitlerinin ana etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürünün etkilerinin birlikte değerlendirilmesi

sonucunda pamuk sapı biyokömürü uygulanan toprakların amonyum içeriklerinin mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprağın amonyum içeriğinden daha düşük olmasına rağmen istatistiksel olarak önemsiz (p>005) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Biyokömür uygulama dozu*derinlik interaksiyonu bakımından; mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların amonyum içeriğinin biyokömür uygulama dozu*derinlik interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda ortalamalar arasındaki farkların önemsiz olduğu (p>0.05) belirlenmiştir. Biyokömür dozu*yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ortalama amonyum içeriğinin biyokömür uygulama dozu*derinlik interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda ortalamalar arasındaki farkların önemsiz olduğu (p>0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Toprağa verilen biyokömürün amonyum ve nitrattan meydana gelen inorganik azot boyutu üzerine etkileri konusunda birbirlerine benzeyen raporlar yayınlanmıştır. Biyokömür uygulamalarından sonra toprağın inorganik azot miktarının biyokömürün verildiği toprağın özelliklerine, biyokömürün ısıllbozunma sıcaklığına, verilme oranına, gübre çeşidine ve toprak pH'sına bağlı olarak değişeceği bildirilmiştir (Nguyen ve ark. 2017).

Biyokömürün amonifikasyon ile nitrifikasyon hadiselerini teşvik etmesinin toprakların NH_4^+ ve NO_3^- derişiminin fazlalaşacağı bildirilmiştir. (De Luca ve ark., 2009; Van Zwieten ve ark. 2015). Prapagdee ve Tawinteung (2017)'de cassava nebatının gövdesinden oluşturdukları biyokömürün oranının fazlalaşması sonucu topraktaki N miktarının fazlalaştığını rapor etmişler ve en fazla N derişiminin en fazla uygulama oranı olan %10 biyokömür ile alındığını belirtmişlerdir.

4.2.2. Nitrat

Araştırmada artan dozda biyokömür çeşitleri ile karıştırılmış toprak kolonlarının 6 hafta boyunca yıkanması sonrasında toprak kolonundan derinliğe bağlı olarak alınan toprakların nitrat içeriklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların derinliğe göre nitrat içeriklerinin varyans analizi sonuçlarına göre biyokömür dozu ($p>0.05$) ve biyokömür dozu*derinlik interaksiyonunun istatistiksel olarak ($p>0.05$) önemsiz olduğu belirlenirken, toprak derinliğinin ise ($p<0.01$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların yıkama sularının varyans analizi sonuçlarına göre toprak derinliği ($p>0.05$), biyokömür dozu ($p>0.05$) ve biyokömür dozu*derinlik interaksiyonunun istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Biyokömür, biyokömür dozları ve derinliğin ana etkilerini ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış topraklarının gözlem parametreleri birlikte değerlendirilmiş ve varyans analizi sonuçlarına göre toprakların ortalama nitrat içeriği üzerine biyokömür dozu*derinlik interaksiyonu ($p>0.05$), biyokömür çeşitleri ($p>0.05$), biyokömür*biyokömür dozu interaksiyonunun ($p>0.05$) ve biyokömür dozu*derinlik*biyokömür çeşidi interaksiyonunun ($p>0.05$) etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, biyokömür dozu ($p<0.01$), derinlik ($p<0.05$) ve biyokömür*derinlik interaksiyonu ($p<0.01$) etkilerinin ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Biyokömür uygulama dozları bakımından; mısır koçanı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda toprağın nitrat içeriğinin kontrol toprağının nitrat içeriğine göre % 1.5 dozu uygulaması ile % 41 azaldığı, % 3.0 dozu uygulaması ile % 83 azalmış olup iki doz arasında değişmediği gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürünün artan dozlarda uygulaması sonucunda toprağın nitrat içeriğinin kontrol toprağının nitrat içeriğine göre yine % 1.5 dozu uygulaması ile % 45 arttığı, % 3.0 dozu uygulaması ile % 50 azalıp iki doz arasındaki farkın değişmediği gözlemlenmiştir. Biyokömür dozlarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla

mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün uygulama dozlarının ortalaması ile elde edilen toprak nitrat içeriğinin kontrol toprağı ve % 1.5 dozu uygulaması ile % 8 azaldığı, nitrat içeriğine göre % 3.0 dozu uygulaması ile % 70 azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13. Yıkama sonrasında kolon topraklarının nitrat içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

Mısır Koçanı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	5.915	2	2.958	1.341ns	0.358
Doz	24.569	2	12.284	5.568ns	0.070
Hata1	8.824	4	2.206		
Derinlik	27.873	2	13.936	5.975*	0.016
Doz * Derinlik	22.197	4	5.549	2.379ns	0.110
Hata2	27.990	12	2.332		
Genel	117.369	26			
Değişim Katsayısı (CV)	% 128.64				
Pamuk Sapı Biyokömürü					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Tekerrür	2.312	2	1.156	1.160ns	0.401
Doz	13.322	2	6.661	6.684ns	0.053
Hata1	3.986	4	0.997		
Derinlik	0.584	2	0.292	0.686ns	0.522
Doz * Derinlik	2.071	4	0.518	1.215ns	0.355
Hata2	5.112	12	0.426		
Genel	113.412	26			
Değişim Katsayısı (CV)	% 57.50				
Mısır Koçanı – Pamuk Sapı Biyokömürü Ortalaması					
Varyasyon Kaynakları	**Kareler Toplamı**	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F**	**Önem Düzeyi**
Biyokömür	0.240	1	0.240	0.417ns	0.584
Tekerrür	7.078	2	3.539	6.153ns	0.140
Doz	28.632	2	14.316	8.940**	0.009
Biyokömür*Doz	9.259	2	4.630	2.891ns	0.114
Hata1	12.811	8	1.601		
Derinlik	11.994	2	5.997	4.348*	0.024
Biyokömür* Derinlik	16.463	2	8.231	5.968**	0.008
Doz * Derinlik	13.307	4	3.327	2.412ns	0.077
Biyokömür*Doz*Derinlik	10.961	4	2.740	1.987ns	0.129
Hata2	33.102	24	1.379		
Genel	304.433	54			
Değişim Katsayısı (CV)	% 96.26				

Toprak derinliği bakımından; mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprakların derinliğe göre ayrılarak analiz edilmesi sonucunda nitrat içeriğinin derinliğe bağlı olarak azaldığı gözlemlenmiş, pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların

derinliğe göre ayrılarak analiz edilmesi sonucunda nitrat içeriğinin derinliğe bağlı olarak değişmediği gözlemlenmiştir. Toprak derinliğinin ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürünün toprak nitrat içeriklerinin ortalaması ile elde edilen verilere göre toprakların nitrat içeriğinin derinliğe bağlı olarak azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.14).

Biyokömür çeşitlerinin ana etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürünün etkilerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda pamuk sapı biyokömürü uygulanan toprakların nitrat içeriklerinin mısır koçanı biyokömürü uygulanmış toprağın nitrat içeriğinden daha yüksek olduğu belirlenmesine rağmen ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak ($p>0.05$) önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

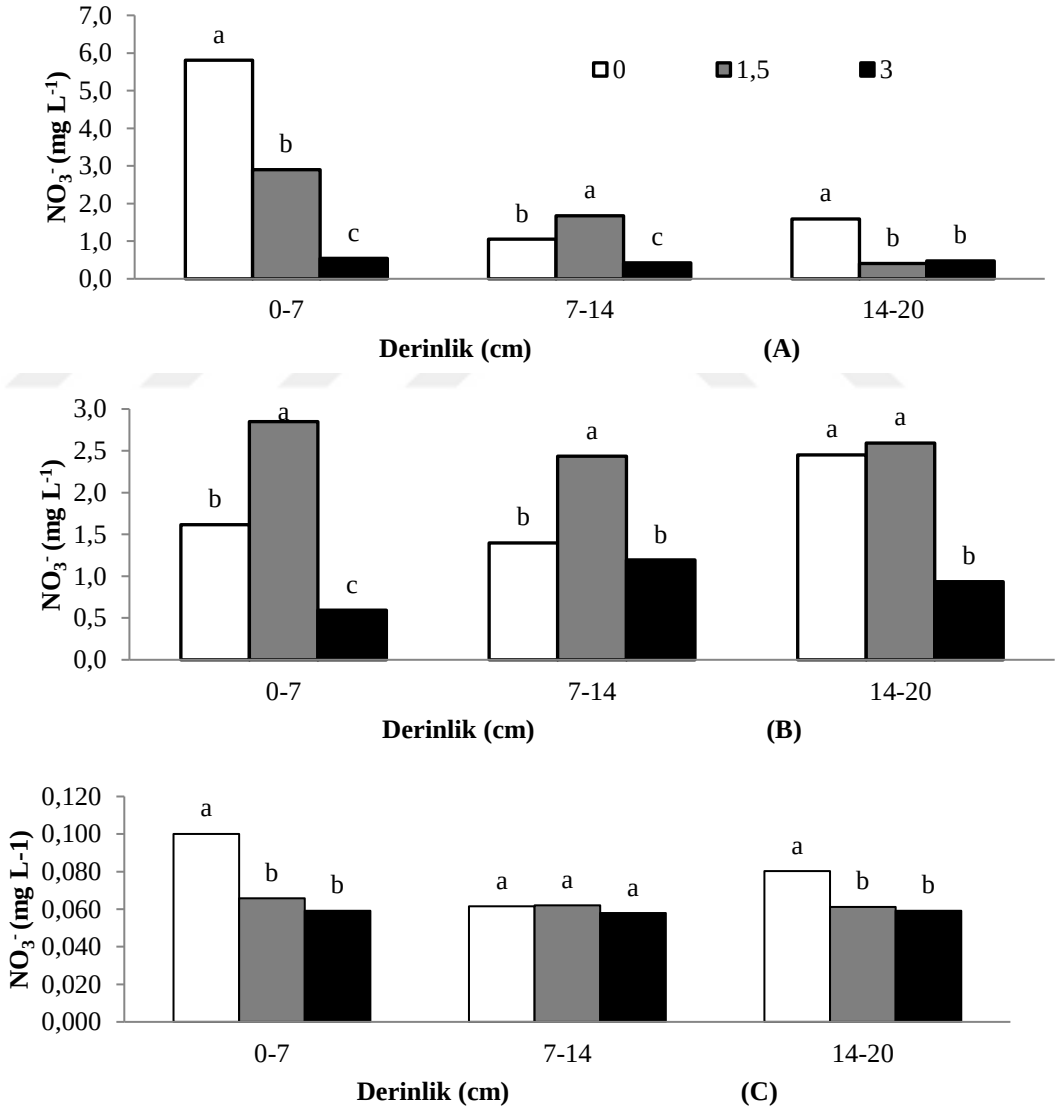
Çizelge 4.14. Yıkama sonrasında kolon topraklarının nitrat içeriği ortalamaları

Biyokömür	Derinlik (cm)	Biyokömür Dozları (%)		
		0	1.5	3.0
Mısır Koçanı	0-7	5.81	2.90	0.54
	7-14	1.05	1.67	0.43
	14-20	1.59	0.40	0.47
	Ortalama	2.82	1.66	0.48
Pamuk Sapı	0-7	1.62	2.85	0.59
	7-14	1.40	2.44	1.19
	14-20	2.45	2.59	0.93
	Ortalama	1.82	2.63	0.91
Mısır Koçanı -Pamuk Sapı Ortalaması	0-7	3.71	2.87	0.57
	7-14	1.22	2.06	0.81
	14-20	2.02	1.50	0.70
	Ortalama	2.32 A	2.14 A	0.69 B

Biyokömür uygulama dozu*derinlik interaksiyonu bakımından; mısır koçanı biyokömürü ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların nitrat içeriğinin biyokömür uygulama dozu*derinlik interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda ortalamalar arasındaki farkların önemsiz olduğu ($p>0.05$) belirlenmiştir. Biyokömür dozu*yıkama sayılarının ana etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla mısır koçanı ve pamuk sapı biyokömürü uygulanmış toprakların ortalama nitrat içeriğinin biyokömür

uygulama dozu*derinlik interaksiyonuna göre kıyaslanması sonucunda ortalamalar arasındaki farkların önemsiz olduğu ($p>0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Bodur (2016), pirana atığı biyokömürünün hafif bünyeli toprağa uygulanması sonucunda toprağa eklenen amonyum ve nitratın yıkanması üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, biyokömür eklenmiş toprakların 8 haftalık yıkanması sonrasında toprakların nitrat içeriklerini belirlemişler ve uygulama dozlarının artmasıyla birlikte toprak nitrat içeriğinin azaldığını ve en yüksek nitrat içeriğinin kontrol (% 0 pirina biyokömürü) kolonundan elde edildiğini belirtmiştir.



Şekil 4.7. Biyokömür uygulanmış toprağın derinliğe göre NO_3^- içerikleri (A: Mısır Koçanı Biyokömürü, B: Pamuk Sapı Biyokömürü, C: Mısır Koçanı ve Pamuk Sapı Biyokümürü Ortlaması)

De Luca ve ark. (2015), odundan elde edilen biyokömürün orman topraklarına uygulanması sonucunda nitrifikasyon oranının arttığını, Novak ve ark. (2010), ceviz kabuğundan elde edilen biyokömürün nitrat yıkanma oranını azalttığını, Sika ve Hardie (2014), artan dozlarda çam ağacı biyokömürünün tarım topraklarına uygulanan nitratın yıkanma oranının % 96 azalttığını belirtmişlerdir. Benzer olarak, Altland ve Locke (2012), ise turba yosunundan elde edilen biyokömürünün artan dozlarda (% 0-1-5-10) uygulaması sonucunda biyokömür dozunun artmasına bağlı olarak nitratın belli bir süre tutularak yıkanmanın geciktiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Laird ve ark. (2008), biyokömürlerin anyon değişim yüzeylerinin de bulunduğunu ve bu yüzeylerde nitratı tutabildiğini, Case ve ark. (2012), ise biyokömürlerin poroziteli yapıları içerisinde nitratı fiziksel olarak tutabildiklerini belirtmişlerdir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Biyokömür uygulamış toprakların 6 hafta boyunca yıkanmasıyla elde edilen süzüklerin pH, EC, süzük miktarı, NH_4^+ ve NO_3^- içeriklerine ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Yıkama sularının pH değerleri üzerine; biyokömür çeşitlerinin etkili olduğu ve pamuk sapı biyokömürü eklenen toprakların süzük pH değerinin mısır koçanı biyokömürü eklenen toprakların süzük pH değerinden daha yüksek olduğu, biyokömür uygulama dozlarının yıkama suyu pH değeri üzerine etkisiz olduğu, yıkama sayısı artışının yıkama suyu pH değeri üzerine etkili olduğu ve yıkama sayısının artmasıyla birlikte yıkama suyunun pH değerinin düştüğü belirlenmiştir.

Yıkama sularının EC değerleri üzerine biyokömür çeşitlerinin etkili olduğu ve pamuk sapı biyokömürü eklenen toprakların süzük EC değerinin mısır koçanı biyokömürü eklenen toprakların süzük EC değerinden daha yüksek olduğu, biyokömür uygulama dozlarının yıkama suyu EC değeri üzerine etkili olduğu ve uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyu EC değerinin arttığı, yıkama sayısı artışının yıkama suyu EC değeri üzerine etkili olduğu ve yıkama sayısının artmasıyla birlikte yıkama suyunun EC değerinin düştüğü belirlenmiştir.

Yıkama sularının miktarı üzerine biyokömür çeşitlerinin etkisiz olduğu, biyokömür uygulama dozlarının yıkama suyu miktarı üzerine etkili olduğu ve uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyu miktarının azaldığı, yıkama sayısı artışının yıkama suyu miktarı üzerine etkili olduğu ve yıkama sayısının artmasıyla birlikte yıkama suyunun miktarının önce arttığı daha sonra ise azaldığı belirlenmiştir.

Yıkama sularının amonyum içerikleri üzerine biyokömür çeşitlerinin etkisiz olduğu, biyokömür uygulama dozlarının yıkama suyu amonyum içerikleri üzerine etkili olduğu ve uygulama dozlarının artmasıyla birlikte yıkama suyu amonyum içeriklerinin azaldığı, yıkama sayısı artışının yıkama suyu amonyum içeriği üzerine etkili olduğu ve yıkama sayısının artmasıyla birlikte yıkama suyunun amonyum içeriğinin yine azaldığı belirlenmiştir.

Yıkama suyu amonyum içeriğinin mısır koçanı uygulanmış toprakların yıkama suyunda % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 86 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 95 azalış göstermiştir. Pamuk sapı uygulanmış toprakların yıkama suyunda ise % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 84 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 95 azalış göstermiştir.

Yıkama sularının nitrat içerikleri üzerine biyokömür çeşitlerinin etkisiz olduğu, biyokömür uygulama dozlarının yıkama suyu nitrat içerikleri üzerine etkili olduğu ve uygulama dozlarının artması ile birlikte yıkama suyu nitrat içeriğinin azaldığı, yıkama sayısı artışının yıkama suyu nitrat içeriği üzerine etkili olduğu ve yıkama sayısının artmasıyla birlikte yıkama suyunun nitrat içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.

Yıkama suyu nitrat içeriğinin mısır koçanı uygulanmış toprakların yıkama suyunda % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 70 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 79 azalış göstermiştir. Pamuk sapı uygulanmış toprakların yıkama suyunda ise % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 48 azalış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 52 azalış göstermiştir.

Biyokömür uygulamış toprakların 6 hafta boyunca yıkanması sonrasında toprak kolonundan farklı derinlikten alınan toprakların NH_4^+ ve NO_3^- içeriklerine ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Toprak derinliklerinin amonyum içeriği üzerine biyokömür çeşitlerinin etkilisiz olduğu, biyokömür uygulama dozlarının toprak amonyum içerikleri üzerine etkili olduğu ve uygulama dozlarının artmasıyla amonyum içeriklerinin önce arttığı daha

sonra ise tekrar azaldığı, toprak derinliğinin toprak amonyum içeriği üzerine etkisiz olduğu belirlenmiştir.

Altı haftalık yıkama sonunda kolonlardan alınan toprakların biyokömür uygulama dozlarının artmasıyla birlikte amonyum içeriklerinin mısır koçanı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontole göre % 132 artış göstermiş, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 47 artış göstermiş, pamuk sapı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 19 artış, % 3 doozu uygulamasında ise % 12 artış göstermiştir.

Toprak derinliklerinin nitrat içeriği üzerine biyokömür çeşitlerinin etkisiz olduğu, biyokömür uygulama dozlarının toprak nitrat içerikleri üzerine etkili olduğu ve uygulama dozunun artmasıyla toprak nitrat içeriğinin azaldığı ve toprak amonyum içeriği üzerine etkili olduğu ve toprak derinliğinin artmasıyla birlikte toprak nitrat içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.

Nitrat içeriklerinin ise mısır koçanı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 41 azaldığı, % 3 dozu uygulamasında ise kontrole göre % 83 azaldığı belirlenmiş, pamuk sapı uygulanmış toprakların % 1.5 dozu uygulamasında kontrole göre % 45 arttığı, % 3 dozu uygulamasında ise % 50 azaldığı belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

Yapılan çalışma sonucunda uygulanan biyokömür çeşitlerinin ve uygulama dozlarının toprak nitrat (NO_3^-) içerikleri üzerine etkili olduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan biyokömürler farklı materyallerden elde ediliği için toprak nitrat (NO_3^-) içerikleri üzerine etkileri farklı olabilir. Bundan dolayı farklı biyokömürlerin toprağa uygulanan doz oranları arttırılarak toprakta en fazla nitrat (NO_3^-) tutan biyokömür çeşidi tespit edilip tarla koşullarında uygulanabilir.

KAYNAKLAR

AKPİRİNÇ, İ., 2017. Biyokömürün (Bıochar) Domates, Biber Bitkileri Ve Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 117s.

ALTLAND, J.E., LOCKE, J.C., 2012. Biochar Affects Macronutrient Leaching From a SoillessSubstrate. HortScience, 47(8), 1136-1140.

ALTUN, O., 2017. Biyokömürün (Bıochar) Toprağın Fiziksel Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 38s.

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. Standar number: D5373 – 16.

BEKÇİ, U., 2019. Kompostlama İşleminde Biyokömür Kullanımının Amonyak Giderimine Etkisinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 80s.

BODUR, S., 2016. Farklı Dozlarda Pirina Ve Pirina Biyokömürü Uygulamasının, Kumlu Topraklardan Nitrat Yıkanması Üzerine Etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 36s.

BREWER, C.E., BROWN, R.C., 2012. Biochar. In: Sayigh, A., (Ed.), Comprehensive Renewable Energy. Elsevier, Oxford, pp. 357–384.

CARVALHO DE MELO, M.T., MAİA, A.D.H.N., MADARİ, B.E., BASTİAANS, L., VAN OORT, P.A.J., HEİNEMANN, A.B., and MEİNKE, H,. 2014. Biochar increases plantavailable water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system. Solid Earth, 5(2), 939.

CASE, S.D., MCNAMARA, N.P., REAY, D.S., & WHİTAKER, J., 2012. The Effect of Biochar Additionon N 2 O And CO 2 Emissions from a Sandy Loam Soil–The Role of Soil Aeration. Soil Biologyand Biochemistry, 51, 125-134.

CHAN, K.Y., VAN ZWİETEN, L., MESZAROS, I., DOWNİE, A., JOSEPH, S., 2008. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. Soil Research, 45(8), 629-634.

CHAPMAN, H.D., 1965. CationExchange Capacity. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemicaland Microbiological Properties, (Methodsofsoilanb), 891-901.

De LUCA, T.H., GUNDALE, M.J., MACKENZİE, M.D., JONES, D.L., 2015. Biochar Effects On Soil Nutrient Transformations. Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation, 421-454.

De LUCA, T.H., MACKENZİE, M.D., GUNDALE, M.J., 2009. Biochar effects on soil nutrient transformations. In "Biochar for Environmental Management: Science and Technology" (J. Lehmann and S. Joseph, Eds.), Earthscan, London.

DOKOOHAKİ, H., MİGUEZ, F.E., LAİRD, D., HORTON, R., BASSO, A.S., 2017. Assessing the biochar effects on selected physical properties of a sandy soil:

An analytical approach. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1-12. ISO 690.

ENDERS, A., and 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, 2012.

FOSTER, E.J., HANSEN, N., WALLENSTEİN, M., COTRUFO, M.F., 2016. Biochar and manure amendments impact soil nutrients and microbial enzymatic activities in a semiarid irrigated maize cropping system. Agric. Ecosystems & Envir., 233, 404-414.

GASKİN, J.W., SPEİR, R.A., HARRİS, K., DAS, K.C., LEE, R.D., MORRİS, L.A., FİSHER, D.S., 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. Agronomy Journal, 102(2), 623-633.

GEE, G.W., BAUDER J.W., 1986. Particle-Size Analysis. In Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Klute, A., Ed. Agronomy Monograph, ASA, SSSA, Madison, WI. 383-411.

GÜEREÑA, D., LEHMANN, J., HANLEY, K., ENDERS, A., HYLAND, C., RİHA, S., 2013. Nitrogen dynamics following field application of biochar in a temperate North American maize-based production system. Plant and soil, 365(1-2), 239-254.

GÜNAL, E., 2018. Sıvı Hayvan Gübresi İle Zenginleştirilmiş Biyoçarların Ekmeklik Buğdayın Gelişimi, Besin Elementi Alımı Ve Toprak Kalitesine Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Tokat, 344s.

GÜNAL, E., ERDEM, H., ve KAPLAN, A., 2017. Biyokömür İlavesinin Toprakta Nitrat ve Amonyum Yıkanmasına Etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 21(1): 73-83s.

JEFFERY, S., VERHEİJEN, F.G.A., VAN DER VELDE, M., BASTOS, A.C., 2011. A quantitative review of theeffects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 144: 175–187.

KLUTE, A., 1986. Water retention: Laboratory methods, in Klute, A. (ed.): Methods of Soil Analysis Part I. 2nd edn., Agron. Monogr. No 9, ASA, Madison, WI, USA, pp. 635–662.

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.

LAIRD, D., FLEMING, P., DAVIS, D., HORTON, R., WANG, B., KARLEN, D., 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical midwestern agricultural soil. Geoderma 158(3–4), 443–449.

LEHMANN, J., DA SİLVA, J.P., STEİNER, 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

LEHMANN, J., RİLLİG, M.C., THİES, J., MASİELLO, C.A., HOCKADAY, W.C., CROWLEY, D., 2011. Biochar effects on soil biota–a review. Soil biology and biochemistry, 43(9), 1812-1836.

MANIRAKIZA, N., 2019. Effects of Compost And Biochar Applications on Soil Properties of a Sandy Soil and Corn Plant Growth. The Graduate School of

Natural and Applied Science of Selçuk University. Soil Science and Plant Nutrition Department, Master's Thesis, Konya. 87p.

MULVANEY, R.L., 1996. Nitrogen-İnorganic Forms. in Methods of Soil Analyses Part 3ChemicalMethods p:1123-1184

NOVAK, J.M., BUSSCHER, W.J., WATTS, D.W., LAİRD, D.A., AHMEDNA, M.A., NİANDOU, M.A., 2010. Short-Term CO 2 Mineralization After Additions of Biochar and Switchgrass to a Typic Kandiudult. Geoderma, 154(3), 281-288.

OGAWA M., OKİMORİ Y., TAKAHASHİ F., 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass andforestation: Three case studies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11:429–444.

ÖZYAVUZ, M., 2017. Biyokömür (Bıochar) Uygulamalarının Patlıcan Bitkisi Ve Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 62s.

PRAPAGDEE, S., TAWINTEUNG, N., 2017. Effects of biochar on enhanced nutrient use efficiency of green bean, Vigna radiata L. Environmental Science and Pollution Research, 24(10), 9460-9467.

RICHARDS, L.A., 1954. Diagnosis and İmprovement of Saline and Alkali Soils: Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture Handbook 60, 160 p.

SANDHU, S.S., KUMAR, S., 2017. Impact of Three Types of Biochar on the Hydrological Properties of Eroded and Depositional Landscape Positions. Soil Science Society of America Journal, 81(4), 878-888.

SARİ, R., 2018. Farklı Bıochar (Biyokömür) Materyallerinin Toprak Kalitesi Üzerine Etkisinin Parsel Bazında Araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 59s.

SAYĞAN, E.P., 2017. Biyokömürün (Biochar) Toprak Düzenleyicisi Olarak Kullanım Potansiyellerinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Şanlıurfa, 344s.

SIKA, M.P., HARDİE, 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.

SINGH, B.P., HATTON, B.J., SİNGH, B., COWİE, A.L., KATHURİA, A., 2010. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. Journal of environmental quality, 39(4), 1224-1235.

VAN ZWİETEN, L.V., ROSE, T., HERRİDGE, D., KİMBER, S., RUST, J., COWİE, A., MORRİS, S., 2015. Enhanced biological N2 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.

VERHEIJEN, F., JEFFERY, S., BASTOS, A.C., VAN DER VELDE, M., DİAFAS, I., 2010. Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. EUR, 24099, 162.

VERHEİJEN, F., JEFFERY, S., BASTOS, A.C., VAN DER VELDE, M., DİAFAS, F., 2010. Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. EUR 24099 EN Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourgp. 149.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı soyadı **:** Bünyamin ÜNSAL
Uyruğu **:** T.C

EĞİTİM

Derece	**Adı,**	**İlçe,**	**İl,**	**Bitirme Yılı**
Lise	: Rekabet Kurumu Lisesi	Merkez/Adıyaman		2006
Üniversite	: Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme	Haliliye/Şanlıurfa		2017
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Haliliye/ Şanlıurfa			2021