



T.C.

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI DOZLARDA BİYOÇAR UYGULAMASININ KARABUĞDAY  
(*Fagopyrum esculentum* Moench) SİLAJININ VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERDAL İBRİK

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. ERDEM GÜLÜMSER

BİLECİK, 2026

10798815

T.C.  
BİLECİK ŐEHY EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI DOZLARDA BİYOÇAR UYGULAMASININ KARABUĞDAY  
(*Fagopyrum esculentum* Moench) SİLAJININ VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERDAL İBRİK

TEZ DANIŞMANI  
PROF. DR. ERDEM GÜLÜMSER

BİLECİK, 2026

10798815

## BEYAN

Farklı Dozlarda Biyoçar Uygulamasının Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) Silajının Verimi Ve Kalitesi Üzerine Etkisi başlıklıyüksek lisans tezinin hazırlık ve yazım aşamasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, [Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehberine](#) uygun olarak tez/dönem projemi hazırladığımı, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel etik kurallarına uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, çalışmamın herhangi bir kısmının başka bir tez/dönem projesi olarak sunulmadığını, aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

**Erdal İBRİK**

.../.../ 2026

**İmza**

## ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince, engin bilgi ve tecrübeleriyle bana her zaman yol gösteren, akademik ve bilimsel gelişimime paha biçilmez katkılar sunan değerli danışman hocam Prof. Dr. Erdem GÜLÜMSER'e en içten şükran ve saygılarımı sunarım. Sabrı, anlayışı, teşvik ve destekleri bu zorlu süreci başarıyla tamamlamamda en büyük güvencem olmuştur.

Tez çalışmamın arazi ve laboratuvar aşamalarında değerli yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, bilgi ve dostluklarını benimle paylaşan kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KARDEŞ'e, analizlerin yapım aşamasında ve tez süreçlerinde desteklerini esirgemeyen Ziraat Yüksek Mühendisi İlknur YILDIRIM'a içtenlikle teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren haklarını asla ödeyemeyeceğim çok değerli anneme ve babama, sadece eğitim hayatımda değil her başarımda yanımda olan, beni cesaretlendiren, sabır ve sevgisiyle her zaman yanımda olan kıymetli eşim Ceyda İBRİK'e, sevgileriyle bana güç veren biricik kızım Bilge ve biricik oğlum Ahmet Kağan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Emeği ve varlığıyla beni motive eden aileme, değerli hocalarıma ve tüm sevdiklerime gönülden teşekkür ederim.

**Erdal İBRİK**

**2026**

## ÖZET

Bu çalışma, Bilecik ekolojik koşullarında ve 2024 yılı vejetasyon döneminde karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench “Güneş”) bitkisinde farklı biyoçar dozlarının (0, 250, 500, 750 ve 1000 kg/da) silaj verimi ve kalite özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Araştırmada silaj verimi, fermantasyon özellikleri (pH, laktik asit, asetik asit), yem kalite kriterleri (kuru madde oranı, Flieg puanı, ham protein, ADF ve NDF), mineral madde içerikleri (K, P, Ca, Mg) ile sekonder metabolitler (kondanse tanen, toplam fenolik, toplam flavonoid) ve antioksidan aktivite (DPPH) incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek silaj verimi 1000 kg/da (821.03 kg/da), 750 kg/da (814.43 kg/da) ve 500 kg/da (809.47 kg/da) biyoçar uygulamalarından elde edilmiştir. Silajların kuru madde oranı %22.26–27.48 ve pH’sı 4.60–5.12 arasında değişmiştir. Flieg puanı en yüksek 500 kg/da (75.96) ve 250 kg/da (70.29) biyoçar dozlarında belirlenmiş olup, bu değerler silajların “iyi” kalite sınıfında yer aldığını göstermiştir. Çalışmada silajların ham protein oranı %14.07–14.95, ADF oranı %26.52–33.15 ve NDF oranı %39.51–48.91 arasında olmuştur. Silajlarda en yüksek laktik asit içeriği 250 kg/da (%2.06), 500 kg/da (%2.12) ve 1000 kg/da (%1.96) biyoçar uygulamalarından elde edilmiştir. Silajlarda mineral içeriklerden K %2.00–2.32, P %0.64–0.68, Ca %1.27–1.81 ve Mg %0.67–0.97 arasında değişmiştir. Karabuğday silajlarının kondanse tanen içeriği %2.54–3.86, toplam fenolik içeriği 116.52–149.36 mg/g GAE, toplam flavonoid içeriği 13.24–15.06 mg/g QE ve DPPH içeriği %83.31–86.03 arasında olmuştur.

Sonuç olarak, biyoçar uygulamaları karabuğday silajında hem verim hem de kalite özelliklerini olumlu yönde etkilemiş, özellikle hem verim hem de fermantasyon kalitesi (pH ve laktik asit) açısından en ideal sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Buna göre, karabuğday silaj verimi ve kalitesi açısından dekara 500 kg biyoçar uygulamasının diğer işlemlere göre daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Biyoçar, Karabuğday, Silaj, Verim, Kalite

## ABSTRACT

This study was conducted under the ecological conditions of Bilecik during the 2024 growing season to determine the effects of different biochar doses (0, 250, 500, 750, and 1000 kg da<sup>-1</sup>) on silage yield and quality characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench “Güneş”). The experiment was established in a randomized complete block design. In the study, silage yield, fermentation characteristics (pH, lactic acid, acetic acid), forage quality traits (dry matter content, Flieg score, crude protein, ADF, and NDF), mineral content (K, P, Ca, Mg), and secondary metabolites (condensed tannins, total phenolics, total flavonoids, and radical-scavenging activity (DPPH)) were evaluated.

According to the results, the highest silage yield was obtained from 1000 kg/da (821.03 kg/da), 500 kg/da (809.47 kg/da), and 750 kg/da (814.43 kg/da) biochar applications. Dry matter content ranged from 22.26% to 27.48%, and pH values varied between 4.60 and 5.12. The highest Flieg scores were determined in 500 kg/da (75.96) and 250 kg/da (70.29) biochar doses, indicating that these silages were in the “good” quality class. Crude protein content ranged from 14.07% to 14.95%, ADF from 26.52% to 33.15%, and NDF from 39.51% to 48.91%. The highest lactic acid content was obtained from 250 kg/da (2.06%), 500 kg/da (2.12%), and 1000 kg/da (1.96%) treatments. Mineral contents ranged between 2.00–2.32% for K, 0.64–0.68% for P, 1.27–1.81% for Ca, and 0.67–0.97% for Mg. Condensed tannins ranged from 2.54% to 3.86%, total phenolics from 116.52 to 149.36 mg g GAE<sup>-1</sup>, total flavonoids from 13.24 to 15.06 mg g QE<sup>-1</sup>, and DPPH activity from 83.31% to 86.03%.

In conclusion, biochar applications positively affected both yield and quality characteristics of buck-wheat silage, and medium-level biochar doses provided more balanced and higher-quality results. Accordingly, it was concluded that 250–500 kg/da biochar applications are superior to other treatments in terms of silage yield and quality.

**Keywords:** Biochar, Buckwheat, Silage, Yield, Quality

## İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1.Materyal .....	7
3.1.1. Güneş Karabuğday Çeşidi .....	7
3.1.2. Biyoçar Özellikleri .....	7
3.1.3. Deneme Yerinin Toprak Özellikleri .....	8
3.1.4. Deneme Yerinin İklim Özellikleri .....	8
3.2.Yöntem .....	9
3.2.1. Silajlarda Gerçekleştirilen Analizler .....	9
3.2.1.1. Kuru Madde Oranı (%) ve pH.....	9
3.2.1.2. Organik Asitler (laktik, asetik) (%).....	10
3.2.1.3. Ham Protein Oranı (HPO),Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF), Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF), Besin Madde Analizi (%) .....	10
3.2.1.4. Kondanse Tanen İçeriği (%) .....	10
3.2.1.5. Toplam Flavonoid İçeriği (mg QE/g).....	10
3.2.1.6. Toplam Fenolik İçeriği (mg GAE/g) .....	11
3.2.1.7. Radikal Kovucu Aktivite İçeriği (DPPH, %).....	11
3.2.2.Verilerin Değerlendirilmesi .....	11

<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Karabuğday Silajlarının Verimi .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. Karabuğday Silajlarının Bazı Kalite Özellikleri .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3. Karabuğday Silajlarının Organik Asit ve Besin Element İçerikleri .....</b>	<b>15</b>
<b>4.4. Karabuğday Silajlarının Sekonder Metabolit İçerikleri .....</b>	<b>16</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>18</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>20</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>25</b>

## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 3.1.</b> Denemede kullanılan biyoçarın bazı içerik özellikleri.....	<b>7</b>
<b>Tablo 3.2.</b> Deneme alanın toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	<b>8</b>
<b>Tablo 3.3.</b> Bilecik ili uzun yıllar ile deneme yıllarına ait iklim verileri .....	<b>8</b>
<b>Tablo 4.1.</b> Silajların fermantasyon ile bazı kalite özellikleri.....	<b>15</b>
<b>Tablo 4.2.</b> Silajların organik asit ve besin element içerikleri .....	<b>16</b>
<b>Tablo 4.3.</b> Silajların sekonder metabolit içerikleri .....	<b>17</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

**Şekil 4.1.** Farklı biyoçar dozlarında karabuğdayın silaj verimi ..... **13**

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

**%:** Yüzde

**AA:** Asetik Asit

**ADF:** Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif

**NDF:** Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif

**Ca:** Kalsiyum

**da:** Dekar

**DPPH:** Radikal Kovucu Aktivite

**g:** Gram

**HP:** Ham Protein Oranı

**K:** Potasyum

**kg:** Kilogram

**KT:** Kondanse Tanen

**LA:** Laktik Asit

**m:** Metre

**Mg:** Magnezyum

**N:** Azot

**P:** Fosfor

**TFL:** Toplam Flavonoid

**TFN:** Toplam Fenolik

## 1.GİRİŞ

Türkiye’de hayvancılık faaliyetlerinin son yıllarda artış göstermesi, hayvan varlığındaki yükselişe paralel olarak kaliteli kaba yem ihtiyacını da ön plana çıkarmıştır. Koyun, sığır, keçi ve manda gibi geviş getiren hayvanların beslenmesinde kaba yemler temel bir yer tutmakta olup, bu hayvanların sindirim sistemi kaba yemleri etkin şekilde değerlendirebilecek özelliklere sahiptir. Ancak kaliteli kaba yem üretimindeki yetersizlik, yem hammaddesi ithalatını artırarak üretim maliyetlerinin yükselmesine yol açmaktadır (Özkan, 2020). Bu nedenle, alternatif yem kaynaklarının rasyonlara dâhil edilmesi hem ekonomik sürdürülebilirlik hem de hayvan sağlığı ile ürün verim ve kalitesi açısından önem kazanmaktadır.

Bu kapsamda karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.), önemli bir alternatif yem bitkisi olarak öne çıkmaktadır. Polygonaceae familyasına ait olan bu tek yıllık bitki, kökeni Orta Asya’ya dayanan ve yaklaşık 4000–5000 yıllık bir geçmişe sahip bir türdür (Yavuz vd., 2016; Katar ve Katar, 2017). İlk olarak Güney Çin’de yetiştirilmeye başlanmış, zamanla Asya’dan Avrupa, Afrika ve Amerika’ya yayılmıştır (Wijngaard ve Arendt, 2006; Jacquement vd., 2012). Zengin besin içeriği sayesinde karabuğday; protein, diyet lif, vitaminler, mineraller, çoklu doymamış yağ asitleri ile rutin ve kuersetin gibi antioksidan bileşenler bakımından değerli olup, fonksiyonel gıda alanında da önemli bir potansiyele sahiptir (Dizlek vd., 2009; Acar vd., 2011). Bunun yanı sıra yem bitkisi olarak kullanımının yanında nektar kaynağı, yeşil gübre, toprak düzenleyici ve tıbbi amaçlarla da değerlendirilebilmektedir (Acar, 2009; Amelchanka vd., 2010; Kalber vd., 2013).

Karabuğday; hızlı çimlenme ve vejetatif gelişim yeteneği, kısa vejetasyon süresi ve geniş ekolojik adaptasyon kabiliyeti sayesinde ekim nöbeti (münavebe) sistemleri için stratejik bir tür niteliğindedir (Kan, 2014), onu iyi bir münavebe bitkisi haline getirmektedir. Özellikle drenajı iyi olan kumlu veya siltli tekstüre sahip topraklarda optimum verim performansı sergileyen bitki, düşük verimlilikteki hafif asidik toprak koşullarına tolerans gösterebilmekte; kısıtlı su ve besin maddesi varlığında dahi sürdürülebilir bir üretim potansiyeli sunmaktadır (Jacquemart vd., 2012). Bu bağlamda, bitki besin elementi takviyeleri karabuğdayın fenolojik gelişimini, biyokütle üretimini ve verim komponentlerini doğrudan regüle eden temel faktörlerin başında gelmektedir (Özyazıcı, 2020).

Günümüzde karabuğday, ruminant beslemede taze ot, silaj ve tane formunda yaygın olarak değerlendirilmektedir (Amelchanka vd., 2010; Keleş vd., 2018). Yapılan araştırmalar, karabuğdayın içerdiği fenolik bileşikler sayesinde rumen fermentasyonu üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu ve mikrobiyal dengeyi bozmadan metan oluşumunu azaltabildiğini

göstermektedir (Leiber vd., 2012). Silaj ise yüksek nem içeriğine sahip bitkisel materyallerin anaerobik koşullarda fermantasyona uğratılmasıyla elde edilen, besin değeri korunmuş stratejik önemli bir kaba yem kaynağıdır. Silolama sürecinde başlangıçta farklı mikroorganizmalar bulunmasına rağmen, fermantasyonun ilerlemesiyle birlikte laktik asit bakterileri (LAB) baskın hale gelmektedir (Fabiszewska vd., 2019). Bu bakteriler; *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Weissella* ve *Streptococcus* gibi çeşitli cinsleri kapsayan bu bakteriler, silajın korunması ve kalite parametrelerinin oluşumunda temel rol oynamaktadır (Keleş ve Yazgan, 2005). Silaj fermantasyonu oksijensiz (anaerobik) ortamda gerçekleşerek yüksek nemli yemlerin uzun süre bozulmadan saklanmasını sağlamaktadır.

Son yıllarda, biyoçar (biyokömür) tarımda yaygın kullanımı, toprak kalitesinin artırılması ve sürdürülebilir tarımsal uygulamaların geliştirilmesi için temel bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Akpınar, 2024). Biyoçar, farklı biyokütle veya organik atık materyallerin geniş bir yelpazesinden termokimyasal süreçler (proliz) yoluyla elde edilen karbonca zengin bir maddedir (Akgül, 2017). Biyoçar ilavesinin toprak yapısını iyileştirebileceğini, toprağın su tutma kapasitesini ve organik karbon içeriğini artırabileceğini, toprak organik karbonunu yükseltebileceğini, mikrobiyal aktiviteyi teşvik ettiğini geliştirebileceğini ve sonuç olarak ürün verimini artırabileceğini göstermektedir (Aktaş, 2019; Sarı, 2018).

Biyokömür uygulama dozundaki artış mısır veriminde beklenen doğrusal bir artışın gerçekleşmediği, bunun temel nedeninin ise yüksek doz uygulamalarda biyokömürün C/N oranının daha yüksek olmasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir (Zhang vd., 2012).

Bu tez çalışmasında farklı biyoçar dozlarının karabuğday silajının verim ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

## 2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Türkiye’de hayvan varlığı nicelik olarak yeterli görünmekle birlikte, bu potansiyelin üretime yansması beklenen düzeyde gerçekleşmemektedir. Hayvansal ürünlerde kalite ve verim düşüklüğünün başlıca nedenlerinden biri, hayvanların yeterli miktarda ve nitelikte kaba yemle beslenememesidir. Türkiye’de yem bitkileri ekim alanı yaklaşık 2.75 milyon hektar olup, bu değer toplam tarım alanlarının yaklaşık %14’üne denk gelmektedir. Ancak bu oran, sürdürülebilir bir bitkisel ve hayvansal üretim yapısı için yeterli değildir. Mevcut verilere göre, Türkiye’de hayvan varlığının yıllık yeşil ot karşılığı kaba yem ihtiyacı 351.3 milyon ton civarındayken, yem bitkileri üretimi ile çayır-meralardan sağlanan toplam kaba yem miktarı yaklaşık 116,2 milyon ton düzeyinde kalmaktadır. Bu durum, toplam ihtiyacın yalnızca yaklaşık üçte birinin karşılanabildiğini ve yaklaşık %67 oranında kaliteli kaba yem açığı bulunduğunu ortaya koymaktadır (Acar vd., 2025).

Türkiye’de hayvancılık sektöründe 14 milyonun üzerinde büyükbaş hayvan varlığı bulunmasına karşın, et ve süt verimleri Avrupa ülkeleriyle karşılaştırıldığında istenilen düzeyin altında kalmaktadır. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri, kaliteli kaba yem üretiminin yetersizliğidir. Özellikle kış döneminde bazı işletmeler, hayvan beslemede düşük besin değerine sahip saman gibi alternatiflere yönelmek zorunda kalmaktadır. Yaz aylarında ise verimli kıyı bölgelerinde ağırlıklı olarak mısır, pamuk ve tütün gibi sıcak iklim ana ürünleri yetiştirildiğinden, yem bitkilerine yeterli yer ayrılmamaktadır. Bu bağlamda, yüksek kaliteli tek yıllık yem bitkilerinin ürün rotasyonuna entegre edilmesi, yem arzının artırılması ve hayvansal üretimde verimliliğin yükseltilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Acar ve Zeybek, 2016).

Yem bitkileri, hayvansal üretimde temel girdilerden biri olan yem ihtiyacını karşılamamanın ötesinde, toprak verimliliğinin sürdürülebilirliği açısından da önemli işlevler üstlenmektedir. Bu bitkilerin, toprağın fiziksel yapısını iyileştirdiği, kimyasal özelliklerini düzenlediği ve ardından yetiştirilen kültür bitkilerinin verim ile kalite düzeylerini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip Türkiye’de, yem bitkileri hem kıyı kesimlerde hem de iç ve geçit bölgelerinde ana ürün ya da ikinci ürün olarak yetiştirilebilme potansiyeline sahiptir. Özellikle baklagil yem bitkileri, organik tarım sistemlerinde yeşil gübreleme yoluyla toprağa azot kazandırarak, ana ürünün ihtiyaç duyduğu azotun büyük bir kısmını karşılayabilmektedir (Açıkgöz vd., 2005).

Türkiye’de hayvancılık sektöründe kaliteli ve ekonomik yem teminine yönelik arayışlar uzun yıllardır devam etmekte olup, bu alanda önemli yapısal sorunlar varlığını sürdürmektedir.

Yem üretiminde yaşanan yetersizlikler, girdi maliyetlerindeki artışlar ve dışa bağımlılık gibi faktörler, yem fiyatlarının yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum, işletmelerin üretim maliyetlerini artırarak sektörde ekonomik sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Söz konusu gelişmeler doğrultusunda, hayvan beslemede maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılması amacıyla alternatif yem kaynaklarının kullanımı son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu kapsamda, yerel kaynakların değerlendirilmesi, tarımsal yan ürünlerin rasyonlara dahil edilmesi ve yem bitkileri üretiminin artırılması önemli stratejiler arasında yer almaktadır (Yavaş vd., 2025). Ayrıca, kısa vejetasyon süresi, farklı ekolojik koşullara uyum yeteneği ve nispeten düşük girdi gereksinimi ile öne çıkan karabuğday (*Fagopyrum esculentum*), hem tane hem de yeşil aksamının hayvan beslemede kullanılabilmesi nedeniyle alternatif bir yem kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Bu yönüyle karabuğday, yem açığının azaltılmasına katkı sağlayabilecek potansiyel bitkiler arasında değerlendirilmektedir (Acar, 2019).

Karabuğday, kısa vejetasyon süresine sahip olması ve geniş ekolojik adaptasyon yeteneği göstermesi nedeniyle farklı coğrafi bölgelerde yetiştirilebilen önemli bir bitkidir (Yavuz ve Kara, 2018). Ekimden sonra tohumlar genellikle 3–5 gün içerisinde çimlenerek çıkış göstermektedir. Yaklaşık 10–12 haftalık kısa gelişme periyodu ve büyüme döneminde yüksek sıcaklık gereksiniminin düşük olması, bu bitkinin özellikle yüksek rakımlı alanlarda da başarılı bir şekilde yetiştirilebilmesine olanak sağlamaktadır (Alkay ve Kökten 2020).

Karabuğday; hızlı gelişim göstermesi ve kısa vejetasyon dönemine sahip olması sayesinde ekim nöbeti sistemlerinde ve ara ürün olarak değerlendirilebilen önemli bir bitkidir (Kara ve Yüksel, 2014). Ayrıca yeşil ot, kuru ot ve silaj formunda hayvan beslemede kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir (Kara ve Yüksel, 2014; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2022a; Özyazıcı vd., 2023a). Bunun yanı sıra, karışık ekim sistemlerinde yer alabilmesiyle tarımsal üretim sistemlerine katkı sağlayan önemli bileşenlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Başaran vd.,2018; Biszczak vd., 2020; Cheriére vd., 2020).

Tarımsal ve çevresel atık biyokütlesinden elde edilen biyoçar (biyokömür), düşük maliyetli bir toprak iyileştiricisi olarak, tarım ve çevre sistemlerine sağladığı çok yönlü katkılar ve toprak su tutma kapasitesini artırma özelliği nedeniyle giderek artan bir araştırma ilgisine konu olmaktadır. Biyoçarın tarım-çevre sistemlerine uygulanması, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde belirgin değişimlere neden olmakta ve aynı zamanda toprak karbon dengesinin düzenlenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, biyoçar uygulamalarının bitki verimliliğini artırma potansiyeli, toprak su tutma kapasitesini iyileştirmesi, kompost ile

birlikte kullanım olanakları ve besin elementi kullanım etkinliğini artırmaya yönelik mekanizmalar literatürde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır (Das vd., 2023).

Biyoçar, karbon bakımından zengin ve yüksek gözenekliliğe sahip yapısı sayesinde toprakların su tutma kapasitesini artırarak tarımsal su kullanım etkinliğine önemli düzeyde katkı sağlamaktadır. Toprağa uygulandığında, kök bölgesinde suyun daha uzun süre muhafaza edilmesine olanak tanımakta ve bu durum bitkilerde su stresinin azalmasına yol açarak özellikle kurak ve yarı kurak ekosistemlerde verimliliğin artmasına destek olmaktadır (Lehmann ve Joseph, 2024).

Biyoçar, bitki besin elementlerini toprak ortamında daha uzun süre tutabilme özelliği sayesinde besin maddesi kayıplarını azaltmakta ve gübrelerin kullanım etkinliğini artırmaktadır. Bunun yanında, toprak pH'sını dengeleyici etkisi ile özellikle asidik karaktere sahip topraklarda bitki gelişimi için daha elverişli koşullar oluşturmaktadır. Ayrıca toprak yapısını iyileştirerek suyun toprağa giriş hızını (infiltrasyon) artırmakta, böylece su kayıplarını sınırlandırmakta ve sulama ihtiyacının sıklığını azaltmaya katkı sağlamaktadır (Jeffery vd., 2015; Lima vd., 2024).

Karabuğday, hayvan beslemede hem taze hem kuru ot formunda değerlendirilebildiği gibi silaj olarak da kullanılabilir. Genel olarak karabuğday silajının kuru madde içeriğinin mısır, sorgum ve ayçiçeği silajına benzer, ancak tritikale silajına kıyasla daha düşük olduğu bildirilmektedir (Kara ve Yüksel 2014). Protein içeriği bakımından ayçiçeğinden daha düşük olmakla birlikte, mısır, sorgum ve tritikale silajına göre daha yüksek değerlere sahiptir. ADF ve NDF içerikleri ise ayçiçeği silajına yakın seviyelerde olup, mısır, sorgum ve tritikale silajından daha düşük düzeydedir. Yavuz ve Kara (2018), karabuğday silajının protein oranını %16.4, ADF değerini %32.9 ve NDF değerini %41.8 olarak rapor etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, karabuğday silajının besin kalitesi açısından mısır silajına yakın özellikler gösterdiğini ve selüloz içeriği ile sindirilebilirlik yönünden kaliteli yonca otuna benzer bir nitelik taşıdığını ifade etmişlerdir.

Silaj, su içeriği yüksek yem bitkilerinin oksijensiz ortamda saklanarak laktik asit bakterilerinin oluşturduğu fermantasyon süreci ile korunması sonucu elde edilen bir yem türüdür. Basitçe ifade etmek gerekirse, yeşil yemlerin kontrollü şekilde fermente edilerek muhafaza edilmesidir. Yeşil yemlerin bulunmadığı dönemlerde kullanılmak üzere bu şekilde depolanmasına silolama, elde edilen ürüne ise silaj denir. Temel amaç, suca zengin yemleri oksijensiz ortamda laktik asit fermantasyonu ile korumaktır. (Şahin ve Zaman 2010) .

Karabuğday silajının hücre duvarı bileşenlerinin düşük düzeyde olduğu; ortalama NDF, ADF ve ADL oranlarının sırasıyla 344, 293 ve 80 g/kg KM olduğu, buna karşılık in vitro gerçek kuru madde sindirilebilirliğinin yüksek (777 g/kg KM) düzeyde bulunduğu belirlenmiştir (Yavaş vd.,2025). Karabuğday bitkisinin farklı gelişme dönemlerindeki besin madde içeriklerine ilişkin literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Campbell (1997), 366 g/kg KM düzeyinde hasat edilen karabuğday bitkisinin ham protein (HP), ham yağ (HY) ve ham kül (HK) içeriklerinin sırasıyla 126, 24.6 ve 98.4 g/kg KM olduğunu bildirmiştir (Keleş vd., 2012)

Karabuğday bitkileri dört farklı gelişim döneminde hasat edilmiş ve hasat sonrası elde edilen silaj örnekleri ön soldurma işlemine tabi tutulmuştur. Çalışmada, ot ve silaj örneklerine ait kalite özellikleri değerlendirilmiştir. Karabuğdayın kuru madde içeriğinin hasat dönemlerine bağlı olarak %11 ile %21 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İlk hasat döneminde ham protein (HP) oranı %22 düzeyinde iken, bitki gelişiminin ilerlemesiyle birlikte bu değer son hasat döneminde %9'a kadar düştüğü tespit edilmiştir. Aynı hasat dönemlerinde ot ve silaj örnekleri arasında ham protein içerikleri bakımından benzerlik gözlenmiştir (Yavuz ve Kara 2018).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma arazisinde 2024 yaz vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Denemede karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench “Güneş”) bitkisi ve 5 farklı biyoçar (0, 250, 500, 750 ve 1000 kg/da) dozu kullanılmıştır.

##### 3.1.1. Güneş karabuğday çeşidi

Güneş karabuğday çeşidi, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından ıslah edilerek 2010 yılında tescil edilmiştir. Kısa vejetasyon süresi ve hızlı gelişme özelliği sayesinde ekim nöbeti sistemlerinde ikinci ürün olarak yetiştirilmeye uygun stratejik bir yem bitkisidir. Orta düzeyde ot verimine sahip olan bu çeşit nispeten yüksek ham protein oranı içeriği nedeniyle kaliteli bir kaba yem kaynağı olarak kabul edilmektedir. Hasat geciktikçe lif oranı artmakta ve yem kalitesi düşmektedir. Silaj kalitesi açısından bakıldığında; bünyesindeki yüksek suda çözünebilir karbonhidrat içeriği sayesinde başarılı bir fermantasyon potansiyeli sunmakla birlikte, yüksek nem oranı ve düşük metabolize edilebilir enerji içeriği sınırlayıcı unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

##### 3.1.2. Biyoçar özellikleri

Çalışmada piyasadan elde edilen biyoçar kullanılmış olup, söz konusu biyoçara ait bazı özellikler Tablo 3.1’de verilmiştir. Biyoçarın organik maddesi %70, toplam azot içeriği ise %1.5’dir. Çalışmada kullanılan biyoçarın toplam fosfor penta oksit ( $P_2O_5$ ) ve suda çözünebilir potasyum oksit ( $K_2O$ ) içerikleri %1.5’dir.

**Tablo 3.1.** Denemede kullanılan biyoçarın bazı içerik özellikleri

İçerik	Miktar
Organik Madde	%70
Toplam Azot (N)	%1.5
Maksimum Nem	%35
Toplam Fosfor Penta Oksit ( $P_2O_5$ )	%1.5
Suda Çözünebilir Potasyum Oksit ( $K_2O$ )	%1.5
Toplam (Humik+Fulvik) Asit	%30
Maksimum EC (ds/m)	5
pH	7-9

### 3.1.3. Deneme Yerinin Toprak Özellikleri

Deneme alanından 0–30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre, toprak killi-tınlı bünyeye sahip olup pH değeri 7.75, kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içeriği %7.95, fosfor miktarı 25.40 kg/da, potasyum miktarı 115.80 kg/da ve organik madde oranı %1.25 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.2).

**Tablo 3.2.** Deneme Alanı Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak Özellikleri	Değeri	Derecesi
<b>Strüktür</b>	58.30	Killi-tınlı
<b>pH</b>	7.75	Hafif alkali
<b>Kireç (<math>\text{CaCO}_3</math>, %)</b>	7.95	Orta derece
<b>Organik Madde (%)</b>	1.25	Düşük
<b>Fosfor (<math>\text{P}_2\text{O}_5</math>, kg/da)</b>	25.40	Yüksek
<b>Potasyum (<math>\text{K}_2\text{O}</math> kg/da)</b>	115.80	Yüksek

### 3.1.4. Deneme Yerinin İklim Özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü alanın uzun yıllar ile 2024 yıllarına ait sıcaklık ve yağış miktarları Tablo 3.3’de verilmiştir. Uzun yıllar sıcaklık ortalaması 13.8 °C iken 2024 yılı 15.5°C olarak tespit edilmiştir. İlin uzun yıllar toplam yağış miktarı 88.9 mm iken 2024 yılı toplam yağış miktarı 62.1 mm olmuştur. (Tablo 3.3).

**Tablo 3.3.** Bilecik İli Uzun Yıllar ile Deneme Yılına Ait İklim Verileri\*

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)	
	Uzun yıllar**	2024	Uzun yıllar**	2024
Nisan	11.5	16.0	41.8	8.2
Mayıs	16.1	15.1	47.1	53.9
<b>Ort./Top.</b>	<b>13.8</b>	<b>15.5</b>	<b>88.9</b>	<b>62.1</b>

\*Bilecik Meteoroloji Müdürlüğü; \*\*2007-2024 arası.

### 3.2.Yöntem

Deneme, 16.04.2024 tarihinde Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Deneme parselleri 30 cm sıra arası mesafe, 6 m sıra uzunluğu ve 4 sıradan oluşacak şekilde (7.2 m<sup>2</sup>) düzenlenmiştir. Ekimden önce biyoçar belirlenen oranlara göre tartılmış ve parseller üzerinde toprağa karıştırılmıştır. Tohumluk miktarı 5 kg/da olarak hesaplanmış ve ekim işlemi el yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ekimle beraber dekara 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gelecek şekilde DAP (Diamonyum fosfat) gübresi verilmiştir. Çıkışla birlikte yine tüm parsellere dekara 3 kg N olacak şekilde üst gübre olarak üre (%46 N) verilmiştir. Sulama işlemi bitkilerin ilk çıkışında yağmurlama daha sonra ise damlama sistemi ile ve bitkinin ihtiyacına göre yapılmıştır. Bitkide hasat tam çiçeklenme döneminde (28.05.2024) yapılmıştır. Bitkiler hasat edildikten sonra parsel ağırlığı tartılarak çeşitlerin yeşil ot verimi belirlenmiştir. Hasat, silolama ve yemleme aşamalarındaki muhtemel kayıplar dikkate alınarak, yeşil ot veriminin %30 azaltılması ile silaj verimleri belirlenmiştir. Bitkiler daha sonra 2 cm büyüklüğünde parçalanarak 2 kg'lık vakumlu silaj poşetlerine konulmuştur. Poşetlerin havası vakumlandıktan sonra 25±2 °C sıcaklıkta fermantasyona Silajların "25±2 °C sıcaklıkta" fermantasyona bırakıldığı belirtilmiş ancak bu ortamın karanlık olup olmadığı bilgisi sekonder metabolit analizleri için önem arz etmektedir. Fermantasyon sürecini tamamlayan silaj örneklerinde gerçekleştirilen kalite analizlerine ilişkin detaylar aşağıda sunulmuştur.

#### 3.2.1.Silajlarda Gerçekleştirilen Analizler

##### 3.2.1.1. Kuru Madde Oranı (%) ve pH

Açılan silajlardan alınan numuneler öncelikle yağ ağırlıkları belirlenerek tartılmış, ardından 105 °C'de etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında elde edilen değerler kullanılarak kuru madde oranı, kuru ağırlığın yağ ağırlığa oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Numunelerin pH değerleri ise dijital pH metre yardımıyla ölçülmüştür. Kuru madde oranı ve pH değerleri belirlenen silaj örneklerinin Flieg puanları aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Flieg Puanı: } 220 + (2 \times \% \text{Kuru Madde} - 15) - 40 \times \text{pH} \quad (\text{Kılıç, 1984}). \quad \text{F.1}$$

Elde edilen Flieg puanlarına göre silajların kalite değerlendirmesi yapılmış ve örnekler 100 puan üzerinden beş farklı kalite grubuna ayrılmıştır. Buna göre; 81–100 puan arası “pekiyi”, 61–80 “iyi”, 41–60 “orta”, 21–40 “düşük” ve 0–20 puan aralığı ise “kötü” kalite olarak sınıflandırılmıştır (Comberg, 1974).

### **3.2.1.2. Organik Asitler (laktik, asetik) Analizi (%)**

Fermantasyon sürecinin tamamlanmasının ardından açılan silajlardan 20 g numune alınmış ve üzerine 100 ml saf su eklenmiştir. Elde edilen karışım blender ile homojen hale getirilmiş, ardından filtre kâğıdı kullanılarak süzülmüştür. Süzüntüde bulunan organik asitlerin miktarı, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı (Shimadzu, Kyoto, Japonya; 5 µm partikül çapına ve 4.6 × 250 mm boyutlarına sahip kolon; 40 °C çalışma sıcaklığı) kullanılarak analiz edilmiştir (Başaran vd., 2018).

### **3.2.1.3. Ham Protein Oranı (HPO), Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF), Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) ve Besin Madde Analizleri (%)**

Silaj örnekleri 60 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak laboratuvarında 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüş ve analize hazır duruma getirilmiştir. Daha sonra bu örneklerin ham protein, ADF, NDF, potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) (Foss 6500) cihazı ile IC-0904FE paket programı kullanılarak belirlenmiştir.

### **3.2.1.4. Kondanse Tanen Analizi (%)**

Öğütülmüş bitki materyalinden 0.01 g örnek alınmış ve üzerine 6 ml tanen çözültisi ilave edilmiştir. Numune tüp içerisinde vorteks cihazı ile homojen hale getirilmiştir. Hazırlanan örnekler kaynar su banyosunda 1 saat bekletilmiş, ardından 100 °C’de bir saat daha tutulmuştur. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutulan örneklerin absorbans değerleri 550 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Bate-Smith, 1975). Kondanse tanen miktarı ise ilgili formül kullanılarak hesaplanmıştır.

Absorbans (550 nm×156,5 × seyreltme faktörü)/Kuru ağırlık (%).

F.2

### **3.2.1.5. Toplam Flavonoid Analizi (mg QE/g)**

Quercetin stok çözültisi 200 mg/L derişimde hazırlanmış, bu stoktan yapılan seyreltmelerle beş farklı standart konsantrasyon oluşturulmuştur. Bitki ekstraktlarından alınan 1 ml örnek, eşit hacimde %2’lik AlCl<sub>3</sub> çözültisi ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 10 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda numunelerin absorbansları 415 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Aynı prosedür standart quercetin çözültileri için de uygulanmış ve elde edilen kalibrasyon doğrusu kullanılarak örneklerin toplam flavonoid içerikleri quercetin eşdeğeri (mg QE/g) cinsinden hesaplanmıştır (Arvouet-Grand vd., 1994).

### 3.2.1.6. Toplam Fenolik Analizi (mg GAE/g)

Ekstraktların toplam fenolik madde içerikleri, Singleton vd. (1999) tarafından geliştirilen ve Folin–Ciocalteu reaktifi esasına dayanan yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Analiz kapsamında örnek çözeltilerinden 0.2 ml alınmış, üzerine 9 ml distile su ilave edilmiştir. Daha sonra karışıma 0.2 ml Folin–Ciocalteu reaktifi eklenmiş ve 3 dakika süreyle bekletilmiştir. Bu sürenin ardından %20'lik sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) çözeltisinden 0.6 ml ilave edilerek toplam hacim 10 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 2 saat inkübe edilmiş, inkübasyon sonunda absorbans değerleri 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında saf suda çözünen gallik asit kullanılmıştır. Bu amaçla 0.1 mg/ml derişimde ana stok çözelti hazırlanmış ve uygun seyreltmelerle yedi farklı standart konsantrasyon elde edilmiştir. Kontrol grubunda ise örnek çözeltisi yerine eşit hacimde (0.2 ml) saf su kullanılmıştır. Elde edilen gallik asit standart eğrisi yardımıyla tüm bitki ekstraktlarının toplam fenolik madde içerikleri mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g ekstrakt) cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.2.1.7. Radikal Kovucu Aktivite Analizi (DPPH, %)

Serbest radikal giderme kapasitesi, yaygın olarak kullanılan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali yöntemi ile belirlenmiştir (Gezer vd., 2006). Bu amaçla 4 mg DPPH, 100 ml metanol içerisinde çözümlenerek çalışma çözeltisi hazırlanmıştır. Bitki ekstraktları ana stok çözeltiden farklı derişimlerde seyreltilmiştir. Analiz sırasında her bir örnek için 3.2 ml DPPH çözeltisine, farklı konsantrasyonlardaki ekstraktlardan 200 µl ilave edilmiştir. Karışımlar oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 30 dakika inkübasyona bırakılmış, ardından absorbans değerleri 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür. Denemede referans antioksidan olarak askorbik asit ve bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) kullanılmıştır. Kontrol grubunda ise ekstrakt yerine aynı hacimde çözücü eklenmiştir. Tüm analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. DPPH radikal süpürme aktivitesinin yüzdesi, ilgili formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%DPPH \text{ radikal süpürücü aktivitesi} = [(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{ekstrak}}) / A_{\text{kontrol}}] \times 100 \quad \text{F.3}$$

### 3.2.2. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin analizi SPSS 22.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Silaj verimi tesadüf blokları, kalite özellikleri ise tesadüf parselleri deneme desenine göre analiz edilmiştir" denilmektedir. Aynı çalışmada iki farklı ana desen kullanımı sıra dışıdır; genellikle silaj poşetleri de tarladaki blokları temsil edecek şekilde "tesadüf blokları" üzerinden analiz

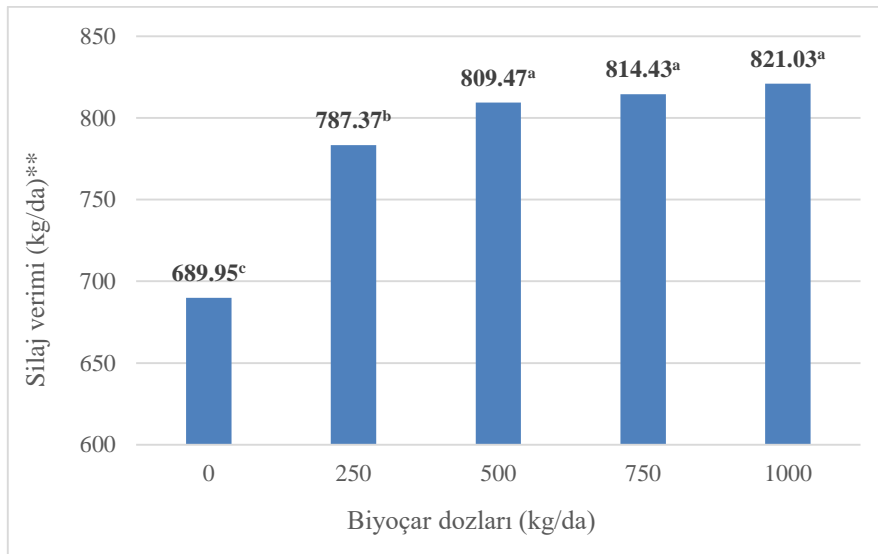
edilir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Karabuğday Silajlarının Verimi

Farklı biyoçar uygulamalarında karabuğdayın silaj verimlerine ait veriler Şekil 4.1’de verilmiştir. Buna göre biyoçar uygulamalarının silaj verimleri üzerinde etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0.01$ ) olmuştur (Şekil 4.1).

En düşük silaj verimi 0 kg/da biyoçar (689.95 kg/da), en yüksek ise aynı istatistiksel grupta yer alan 500 kg/da (809.47 kg/da), 750 kg/da (814.43 kg/da) ve 1000 kg/da (821.03 kg/da) işlemlerinden elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, biyoçar uygulamalarının silaj verimi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu ve bu etkinin büyük ölçüde toprak-su ilişkileri ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Nitekim en düşük silaj veriminin biyoçar uygulanmayan kontrolde belirlenmesi, biyoçarın toprakta su tutma kapasitesini artırarak bitki gelişimini desteklediğini ortaya koymaktadır. Biyoçarın yüksek yüzey alanı ve gözenekli yapısı sayesinde toprakta suyun tutulmasını artırdığı, bu durumun özellikle kuraklık veya sınırlı su koşullarında bitkinin suya erişimini kolaylaştırarak biyokütle üretimini teşvik ettiği bilinmektedir (Xiao vd., 2016). Diğer taraftan biyoçar uygulamaları toprakta azotu, özellikle nitrat formunu, tutma kapasitesini artırması gübre kullanım etkinliğini yükseltmekte ve uygulanan azotun daha büyük bir kısmının bitki tarafından değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece hem besin elementi kayıpları azalmakta hem de bitki veriminde artış sağlanmaktadır. Dolayısıyla, biyoçar uygulaması nitrat formundaki azotun yıkanması azaltılmakta ve bu durum yer altı su kaynaklarını korurken, bitki verimini de arttırmaktadır (Erdem vd., 2017). Beyyavaş vd. (2024) biyoçar dozunun artması kanolanın verimini arttırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.1. Farklı Biyoçar Dozlarında Karabuğdayın Silaj Verimi

## 4.2. Karabuğday Silajlarının Bazı Kalite Özellikleri

Tablo 4.1’de karabuğday silajlarında pH, kuru madde oranı (KMO), Flieg puanı, ham protein oranı (HPO), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) içerikleri verilmiştir. Biyoçar uygulamaları arasında istatistiksel olarak pH, KMO, ADF ve NDF bakımından çok önemli ( $p<0.01$ ) fark olurken, HPO açısından ise fark olmamıştır.

Silajların pH değerleri 4.60-5.12 arasında değişmiştir. pH değeri, silajın fermentasyon sürecinde yeterli düzeyde ekşiyip ekşimeyemediğini ortaya koyan önemli bir göstergedir. Bu nedenle kaliteli bir silajda pH’nın 5’i geçmemesi gerekmektedir. Çalışmada dekara 0 kg (5.12) ve 1000 kg (5.08) biyoçar uygulamaları dışında kalan silajların pH’sı kritik seviyenin altında olmuştur (Tablo 4.1). Keleş vd. (2012) karabuğday silajlarında pH’yı 4.0-4.7 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Silajların en yüksek KMO 500 kg/da (%27.48), en düşük ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 0 kg/da (%22.26) ve 1000 kg/da (% 22.43) biyoçar uygulamasından elde edilen silajlarda tespit edilmiştir. Bu durum orta doz biyoçar uygulamasının (250–500 kg/da) toprakta su ve besin elementi dengesini düzenleyerek bitkide kuru madde artışına sağlaması şeklinde açıklanabilir. Diğer taraftan kaliteli bir silajda KMO %25-40 arasında olması gerekir (Panyasak ve Tumwasorn, 2013). Yüksek KMO silajın sıkıştırılmasını güçleştirirken, düşük KMO ise silajın fermentasyonu sırasında fazla su açığa çıkmasına ve dolayısıyla da çok fazla besin elementi kaybına neden olur. Bu itibarla dekara 250 ve 500 kg biyoçar uygulamalarından elde edilen silajların KMO bu değerler arasında olmuştur. Yamaner vd. (2021) karabuğday silajının KMO %20-40 arasında bulmuşlardır. Farklılıklar çeşit, hasat zamanı, uygulanan kültürel işlemler ve katkı maddelerinden kaynaklanmıştır.

Flieg puanı, KMO ve pH ile hesaplanan ve silajın kalitesini ortaya koyan bir değerdir. En yüksek Flieg puanı 250 kg/da (70.29) ve 500 kg/da (75.96) biyoçar uygulanan parsellerden elde edilen silajlarda tespit edilmiştir. Silajlar iyi ve memnuniyet verici kalite sınıfında yer almıştır.

Silajlarda HPO %14.07-14.95 arasında olmuştur (Tablo 4.1). Amelchanka vd. (2010) karabuğday silajının ham protein içeriğinin %11.9 ile %12.8 arasında bulmuşlardır. Söz konusu araştırmacı ile mevcut çalışma sonuçları arasındaki farklılıklar çeşit, hasat zamanı, uygulanan kültürel işlemler ve katkı maddelerinden kaynaklanmıştır.

Silajların ADF ve NDF içeriği sırasıyla %%26.52-33.15 ve %39.51-48.91 arasında değişmiştir (Tablo 4.1). ADF, bitkilerin yapısal karbonhidrat fraksiyonunu temsil eden ve lignin

ile selülozdan oluşan bir bileşen olup yem kalitesi açısından %30'un altında olması tercih edilirken; NDF ise yemlerin hayvanlar tarafından alınabilirliğini gösteren önemli bir gösterge olup, %40'ın altında bulunması istenmektedir (Ateş, 2012). Buna göre dekara 500 kg biyoçar uygulaması hem ADF hem de NDF bakımından istenen düzeylerde olmuştur (Tablo 4.1). Balcı ve Uslu (2024) karabuğdayın farklı hasat zamanlarında ADF ve NDF oranlarını sırasıyla %37.26-50.52 ve %53.95-66.46 arasında bulmuşlardır.

**Tablo 4.1.** Silajların Fermantasyon ile Bazı Kalite Özellikleri

<b>Biyoçar dozları</b>	<b>pH**</b>	<b>KMO**</b>	<b>FLIEG**</b>	<b>HPO</b>	<b>ADF**</b>	<b>NDF**</b>
0 kg/da	5.12a	22.26c	44.58d	14.07	33.15a	48.91a
250 kg/da	4.62c	25.05b	70.29b	14.24	29.66b	41.85b
500 kg/da	4.60c	27.48a	75.96a	14.57	26.95c	39.51c
750 kg/da	4.95b	24.52b	56.03c	14.95	26.52c	40.24c
1000 kg/da	5.08a	22.43c	46.65d	14.89	32.45a	49.18a
<b>Ortalama</b>	<b>4.87</b>	<b>24.32</b>	<b>58.70</b>	<b>14.54</b>	<b>29.74</b>	<b>43.94</b>

\*\**p*<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. KMO: kuru madde oranı; HPO: Ham protein oranı; ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif; NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif oranı.

### 4.3. Karabuğday Silajlarının Organik Asit ve Besin Element İçerikleri

Tablo 4.2'de karabuğday silajlarında laktik asit (LA), asetik asit (AA), potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri verilmiştir. Biyoçar uygulamaları arasında LA, AA, Ca ve Mg içerikleri bakımından istatistiksel olarak çok önemli (*p*<0.01) fark olurken, K ve P bakımından ise fark olmamıştır.

Silajlarda en yüksek LA istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 250 kg/da (%2.06), 500 kg/da (%2.12) ve 1000 kg/da (%1.96), en düşük ise 0 kg/da (%1.34) biyoçar uygulamalarından elde edilmiştir. Silajlarda AA ise %0.11-0.46 arasında olmuştur (Tablo 4.2). Laktik asit, silajda maya, küf ve aerobik bakterilerin gelişimini baskılayarak fermantasyonun stabilitesini artıran ve hayvanlarda süt verimini olumlu etkileyen temel bir bileşen olup, kaliteli bir silajda en az %2.0 düzeyinde bulunması istenir. Buna karşılık asetik asit, fermantasyonu sınırlayan ve silaj kalitesini olumsuz etkileyen bir unsur olup, yüksek düzeyleri silajın hava aldığını da gösterdiğinden iyi bir silajda en fazla %0.8 oranında olması önerilmektedir (Alçıçek ve Özkan, 1996). Buna göre dekara 250 ve 500 kg biyoçar uygulamaları kaliteli silaj kategorisinde yer almaktadır. Er (2018) karabuğday silajının LA ve AA içeriklerini sırasıyla %1.41-2.63 ve

%3.63-4.03 arasında bulmuştur. Farklılıklar çeşit, hasat zamanı, uygulanan kültürel işlemler ve katkı maddelerinden kaynaklanmıştır.

K, hayvan beslemede kritik bir mineral olup organizmada asit–baz dengesinin düzenlenmesinde önemli rol oynarken (Başbağ vd., 2011; Gürsoy ve Macit, 2017), P kemik oluşumu, üreme performansı ve hayvansal ürün kalitesinin geliştirilmesinde görev almaktadır (Dua ve Care, 1999). Bununla birlikte Ca ve Mg, kemik dokusu ve iskelet sisteminin sağlıklı gelişimine katkı sağlayan temel mineraller arasında yer almakta olup, kaliteli kaba yemlerde K'nın en az %0.8, P'nin %0.21, Ca'nın %0.18 ve Mg'nin %0.20 düzeylerinde bulunması önerilmektedir (Kidambi vd., 1989). Çalışmada tüm silajların makro besin element içerikleri bu değerlerin üzerinde olmuştur. Yıldırım vd. (2024) karabuğday silajının ortalama K, P, Ca ve Mg içeriklerini sırasıyla %2.34, %0.34, %1.04 ve %0.41 olarak belirlemiştir.

**Tablo 4.2.** Silajların Organik Asit ve Besin Element İçerikleri

<b>Biyoçar dozları</b>	<b>LA**</b>	<b>AA**</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>Ca**</b>	<b>Mg**</b>
0 kg/da	1.34c	0.46a	2.32	0.66	1.27c	0.67c
250 kg/da	2.06a	0.17c	2.08	0.66	1.58ab	0.82b
500 kg/da	2.12a	0.11d	2.00	0.68	1.71ab	0.97a
750 kg/da	1.56b	0.17c	2.03	0.64	1.81a	0.81b
1000 kg/da	1.96a	0.22b	2.24	0.68	1.48bc	0.84b
<b>Ortalama</b>	<b>1.81</b>	<b>0.22</b>	<b>2.13</b>	<b>0.66</b>	<b>1.57</b>	<b>0.82</b>

\*\* :  $p < 0.01$ . Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. LA: laktik asit; AA: asetik asit; K: Potasyum, P: Fosfor; Ca: Kalsiyum; Mg: Magnezyum.

#### 4.4. Karabuğday Silajlarının Sekonder Metabolit İçerikleri

Farklı biyoçar uygulama dozlarından elde edilen karabuğday silajlarının kondanse tanen (KT), toplam fenolik (TFN), toplam flavonoid (TFL) ve DPPH radikal kovucu aktivite içerikleri Tablo 4.3'de verilmiştir. Buna göre KT bakımından biyoçar uygulamaları arasında %1, TFN bakımından %5 ihtimal seviyesinde fark olmuştur. Silajların TFL ve DPPH içerikleri üzerinde biyoçar dozlarının etkisi ise önemsiz olmuştur.

Silajların KT içeriği %2.54-3.86 arasında değişim göstermiştir. Yüksek düzeyde tanen içeriği, ruminantlarda protein sindirilebilirliğini ve enzim faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyebilirken (Kumar ve Singh, 1984), düşük seviyelerdeki kondanse tanen (%0.5) sütteki protein oranının artmasına katkı sağlamaktadır (Önal Aşçı ve Acar, 2018). Ayrıca kondanse tanenler, hayvanlarda iç parazitlerin etkisini azaltarak verimliliği artırmakta (Lüscher vd., 2016)

ve ruminantlarda CH<sub>4</sub> ile CO<sub>2</sub> oluşumunu sınırlandırarak sera gazı emisyonlarının düşürülmesine katkıda bulunmaktadır (Martin vd., 2016). Bu çerçevede, yemlerde kondanse tanen oranının %3.0'ı aşmaması önerilmektedir (Yıldırım vd., 2024). Buna göre, dekara 500, 750 ve 1000 kg biyoçar uygulamalarından elde edilen silajların KT içerikleri %3'ün altına olmuştur.

TFN, TFL ve DPPH içerikleri bitkilerde strese karşı bir savunma mekanizması olarak görev yapmaktadır. Biyoçar dozlarının artışıyla birlikte çalışmada TFN, TFL ve DPPH içeriklerinde belirli bir seviyeye kadar gözlenen azalma, bitkide sekonder metabolit üretiminin çevresel stres koşullarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Düşük ve orta düzey biyoçar uygulamaları, toprağın su tutma kapasitesini artırarak bitkinin suya erişimini kolaylaştırmış ve böylece su stresini azaltmıştır; bu durumda bitki, savunma mekanizması olarak sekonder metabolit sentezine daha az ihtiyaç duymuştur. Ancak daha yüksek biyoçar dozlarında bu etkinin zayıflaması, toprakta su ve besin dengesinin farklılaşmasıyla birlikte bitkinin yeniden kısmi strese girmesi ve metabolit üretiminin buna bağlı olarak değişmesiyle açıklanabilir. Diğer taraftan flavonoid ve fenolik bileşikler içeren yemlerle beslenen hayvanlarda ürün verim ve kalitesinin arttığı bildirilmektedir. Bu bileşikler ayrıca asidoz ve şişkinlik gibi beslenme streslerini azaltarak rumen fonksiyonlarını desteklemekte, anti mikrobiyal ve antialerjik etkileriyle hayvanların farklı stres koşullarına karşı dayanıklılığını artırmaktadır. DPPH aktivitesi ise antioksidan kapasitenin önemli bir göstergesi olarak hem hayvan hem de insan sağlığı açısından önem taşımaktadır (Kuhnen vd., 2014; Rochfort vd., 2008; Patra, 2006; Lee vd., 2017). Karabuğdayın TFN, TFL ve DPPH içeriklerini sırasıyla 80.47-83.99 mg/g GAE, 91.53-96.60 mg/g QE ve %42.88-48.09 arasında bulmuşlardır (Polat ve Kan, 2021).

**Tablo 4.3.** Silajların Sekonder Metabolit İçerikleri

<b>Biyoçar dozları</b>	<b>KT*</b>	<b>TFL</b>	<b>TFN**</b>	<b>DPPH</b>
0 kg/da	3.86a	15.06	149.36a	86.03
250 kg/da	3.56a	13.84	147.20a	84.58
500 kg/da	2.54b	13.65	140.58b	85.51
750 kg/da	2.57b	13.30	116.52d	83.31
1000 kg/da	2.57b	13.24	128.63c	84.02
<b>Ortalama</b>	<b>3.02</b>	<b>13.82</b>	<b>136.46</b>	<b>84.69</b>

\*: p<0.05; \*\*: p<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. KT: Kondanse tanen (%); TFL: Toplam flavonoid (mg/g QE); TFN: Toplam fenolik (mg/g GAE); DPPH: Radikal kovucu aktivite (%).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Bilecik ekolojik koşullarında farklı biyoçar dozlarının karabuğday silajının verim ve kalite özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre silaj verimi biyoçar uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmiş olup en düşük verim 0 kg/da uygulamasında 689.95 kg/da olarak belirlenirken, en yüksek verim 821.03 kg/da ile 1000 kg/da dozunda tespit edilmiştir. Bununla birlikte 500 kg/da (809.47 kg/da) ve 750 kg/da (814.43 kg/da) uygulamaları da en yüksek verim grubu içerisinde yer almıştır.

Silajlarda kuru madde oranı en yüksek değere 500 kg/da (%27.48), en düşük değer ise 0 kg/da (%22.26) ve 1000 kg/da (%22.43), Flieg puanı en yüksek 500 kg/da (75.96) ve 250 kg/da (70.29) uygulamalarında ulaşmıştır. Silajların pH değeri 4.60–5.12 arasında değişmiştir. Silajlarda en düşük ADF (%26.52) 750 kg/da, en düşük NDF (%39.51) 500 kg/da uygulamasında Bilecik ekolojik koşullarında karabuğday silajı üretimi yapan çiftçilere, sadece verim değil, fermantasyon kalitesi ve yüksek besin değeri (Flieg puanı > 70) için dekara 250–500 kg biyoçar uygulaması tavsiye edilmektedir.

Fermantasyon kalitesi açısından laktik asit içeriği %1.34–2.12 arasında değişmiş, en yüksek değer 500 kg/da (%2.12), en düşük değer ise 0 kg/da (%1.34) uygulamasında belirlenmiştir. Asetik asit içeriği %0.11–0.46 arasında olmuştur.

Besin element içeriklerinde K %2.00–2.32, P %0.64–0.68, Ca %1.27–1.81 ve Mg %0.67–0.97 arasında değişim göstermiştir. En yüksek Ca (%1.81) 750 kg/da, en yüksek Mg (%0.97) ise 500 kg/da uygulamasında belirlenmiştir. Tüm uygulamalarda mineral içeriklerin hayvan besleme açısından yeterli düzeyde olduğu görülmüştür.

Sekonder metabolitler açısından kondanse tanen %2.54–3.86 arasında değişmiştir. Toplam fenolik içerik 116.52–149.36 mg/g GAE arasında değişmiş, en yüksek değer 0 kg/da, en düşük değer ise 750 kg/da uygulamasında tespit edilmiştir. Toplam flavonoid içerik 13.24–15.06 mg/g QE, DPPH aktivitesi ise %83.31–86.03 arasında değişmiştir.

Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde, biyoçar uygulamalarının özellikle 500 kg/da dozunda hem verim hem de kalite parametrelerini iyileştirdiği, buna karşılık çok düşük veya çok yüksek dozların bazı kalite göstergelerinde daha sınırlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Bu nedenle karabuğday silaj üretimi için en uygun biyoçar dozunun 500 kg/da

olduğu sonucuna benzer bir denemenin, Bilecik dışındaki farklı toprak tekstürlerine (kumlu veya aşırı kireçli) sahip bölgelerde tekrarlanarak doz optimizasyonu yapılması önerilir.

## KAYNAKÇA

- Acar, Ö. (2019). Karabuğday çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve verim öğeleri üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Türkiye)).
- Acar, R., Güneş, A., Gummadov, N., & Topal, İ. (2011). Farklı bitki sıklıklarının karabuğday'da (*Fagopyrum esculentum* Moench.) verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3), 47-51.
- Acar, Z., & Zeybek, S. (2016). Growing possibilities of forage rape with some annual crops.
- Acar, Z., Ayan, İ., Önal Aşçı, Ö., Mut, H., Başaran, U., Gülümser, E., Can, M., & Kaymak Bayram, G. (2025). Yem bitkileri tarımında mevcut durum ve sürdürülebilirlik. Türkiye Ziraat Mühendisliği X. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara, 1. Cilt, pp, 547-564.
- Açıkbaş, S., & Özyazıcı, M. A. (2022). Yem Bitkilerinde Yapılan Priming Çalışmaları.
- Açıkgöz, E., Hatipoğlu, R., Altınok, S., Sancak, C., Tan, A., & Uraz, D. (2005). Yem bitkileri üretimi ve sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Akgül, G. (2017). Biyokömür: üretimi ve kullanım alanları. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 485-499.
- Akpınar, Ç. (Ed.). (2024). *Organik Gübreler: Sürdürülebilirliğin Temeli*. Akademisyen Kitabevi.
- Aktaş, Y. (2019). Biyokömürün asidik bir toprakta organik karbon mineralizasyonu ve karbon formları üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara).
- Alçıçek, A., & Özkan, K. (1996). Silo Yemlerinde Destilasyon Yöntemi ile Süt Asidi, Asetik Asit ve Bütirik Asit Tayini. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2-3), 191-198.
- Alkay, R., & Kökten, K. (2020). Bingöl koşullarında karabuğday çeşitlerinde ekim zamanının ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(1), 29-34.
- Amelchanka, S. L., Kreuzer, M., & Leiber, F. (2010). Utility of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as feed: Effects of forage and grain on in vitro ruminal fermentation and performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 155(2-4), 111-121.
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). Standardization of Propolis Extract and Identification of Principal Constituents. *Journal de Pharmacie de Belgique*, 49(6), 462-468.
- Ates, E. (2012). The Mineral, Amino Acid and Fiber Contents and Forage Yield of Field Pea (*Pisum arvense* L.), Fiddleneck (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) and Their Mixtures under Dry Land Conditions in The Western Turkey. *Romanian Agricultural Research*, 29, 237-244.
- Balcı, F., & Uslu, Ö. S. (2024). The Effects of Cutting Time on Herbage Production and Quality of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Meonch.) Cultivated in Kahramanmaraş Conditions. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 8(2), 21-25.
- Başaran, U., Acar, Z., & Kahraman, A. (2018). *Yem Bitkilerinde Kalite Analiz Yöntemleri*. (Editörler: Acar Z, Başaran U), Gece Kitablığı, Ankara.

- Başaran, U., Gülümser, E., Çopur Doğrusöz, M., & Mut, H. (2018). Performance of alfalfa under different intercropping treatments Yoncanın farklı karışık ekim uygulamaları altındaki performansı. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 28(3).
- Başbağ, M., Çağan, E., Aydın, A., & Sayar, M. S. (2011). Güneydoğu Anadolu Bölgesi doğal alanlarında toplanan bazı fiğ türlerinin ot kalite özelliklerinin belirlenmesi.
- Bate-Smith, E.C. (1975). Phytochemistry of proanthocyanidins. *Phytochemistry*, 14, 1107-1113.
- Beyyavaş, V., Suat, C. U. N., Sakin, E., & Turhan, D. (2024). Farklı Dozlarda Biyoçar ve Çinko Fosfat Uygulamalarının Kanola Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4), 1159-1167.
- Biszcak, W., Różyło, K., & Kraska, P. (2020). Yielding parameters, nutritional value of soybean seed and weed infestation in relay-strip intercropping system with buckwheat. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 70(8), 640-647.
- Campbell, C.G. (1997), Buckwheat (*Fagoprum esculentum* Moench). Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops.19. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy
- Cheriere, T., Lorin, M., & Corre-Hellou, G. (2020). Species choice and spatial arrangement in soybean-based intercropping: Levers that drive yield and weed control. *Field Crops Res.* 256, 107923.
- Comberg, G. (1974). Gärfutter: Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Gerokstraße 19, Printed in Germany, ISBN:3-8001-4321-6, 260s.
- Das, S. K., Ghosh, G. K., & Avasthe, R. (2023). Application of biochar in agriculture and environment, and its safety issues. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(2), 1359-1369.
- Dizlek, H., Özer, M. S., İnanç, E., & Gül, H. (2009). Karabuğday'ın (*Fagopyrum Esculentum* Moench) bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *gıda: The Journal of Food*, 34(5).
- Dua, K., & Care, A.D. (1999). The role of phosphate on the rates of mineral absorption from the fore stomach of sheep. *The Veterinary Journal*, 157(1), 51-55.
- Er, M. (2018). Karabuğday bitkisinin kuru otu ya da silajının besin değeri ile süt keçilerinde süt verimine etkilerinin belirlenmesi (Doktora Tezi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın).
- Erdem, H., Kınay, A., Gunal, E., Yaban, H., & Tutus, Y. (2017). The effects of biochar application on cadmium uptake of tobacco. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 12(2), 447-456.
- Fabiszewska, A.U., Zielińska, K.J., & Wróbel, B. (2019). Trends in designing microbial silage quality by biotechnological methods using lactic acid bacteria inoculants: a minireview. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(5), 76.
- Gezer, C., Yücecan, S., & Rakıçioğlu, N. (2006). The Effect of Heat Treatment on Antioxidant Activity of Some Spices. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 5(1), 5-11.
- Gürsoy, E., & Macit, M. (2017). Erzurum ili çayır ve meralarında doğal olarak yetişen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin mineral madde kompozisyonlarının belirlenmesi. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 32(1), 1-9.

- Jacquemart, A.L., Cavoy, V., Kinet, J.M., Ledent, J.F., & Quinet, M. (2012). Is buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) still a valuable crop today? *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 6 (Special Issue 2), 1-10.
- Jeffery, S., Abalos, D., Spokas, K. A., & Verheijen, F. G. (2015). Biochar effects on crop yield. In *Biochar for environmental management* (pp. 301-325). Routledge.
- Kalber, T., Kreuzer, M. & Leiber, F. (2013). Effect of Feeding Buckwheat and Chicory Silages on Fatty Acid Profile and Cheese-Making Properties of Milk From Dairy Cows. *Journal of dairy research*, 80(1), 81-88.
- Kan, A. (2014). Türkiye için yeni bir bitki; Karabuğday *Fagopyrum esculentum*. *Biological Diversity and Conservation*, 7(2), 154-158.
- Kara, N. K., & Yüksel, O. (2014). Karabuğdayı Hayvan Yemi Olarak Kullanabilir miyiz?. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(3), 295-300.
- Katar, D., & Katar, N. (2017). Eskişehir ekolojik koşullarında farklı karabuğday (*Fagopyrum Esculentum* Moench) çeşidinde uygun ekim normunun belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 31-39.
- Keleş, G., & Yazgan, O. (2005). Bakteriyel inokulantların silaj fermentasyonu ve hayvan performansına etkileri (derleme).
- Keleş, G., Ateş, S., Güneş, A., & Halıcı, İ. (2012). Kimyasal ve biyolojik silaj katkıları ile silolanmış karabuğday silajının fermentasyon özellikleri. *Uluslararası Türk ve Akaraba Topluluklar Zootekni Kongresi*, 11-13.
- Keleş, G., Kocaman, V., Üstündağ, A.Ö., Zungur Bastıoğlu, A., & Özdoğan, M. (2018). Growth rate, carcass characteristics and meat quality of growing lambs fed buckwheat or maize silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(4), 522-528.
- Kidambi, S. P., Matches, A. G., & Gricgs, T. C. (1989). Variability for Ca, Mg, K, Cu, Zn and K/(Ca+Mg) Ratio among 3 Wheat Grasses and Sainfoin on The Southern High Plains. *Range Management*, 42, 316-322.
- Kuhnen, S., Moacyr, J.R., Mayer, J.K., Navarro, B.B., Trevisan, R., Honorato, L.A., Maraschin, M., Pinheiro, M., & Filho, L.C. (2014). Phenolic content and ferric reducing-antioxidant power of cow's milk produced in different pasture-based production systems in Southern Brazil. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 94, 3110-3117.
- Kumar, R., & Singh, M. (1984). Tannins: Their adverse role in ruminant nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32, 447- 453.
- Lee, S.H.Y., Humphries, D.J., Cockman, D.A., Givens, D.I., & Spencer, J.P.E. (2017). Accumulation of citrus flavanones in bovine milk following citrus pulp in corporation in to the diet of dairy cows. *EC Nutrition*, 7(4), 143-154.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2024). *Biochar for environmental management. Science, technology and implementation*. Taylor & Francis.
- Leiber, F., Kunz, C., & Kreuzer, M. (2012). Influence of different morphological parts of buckwheat (*Fagopyrum Esculentum*) and its major secondary metabolite rutin on rumen fermentation in vitro. *Czech Journal of Animal Science*, 57(1), 10-18.
- Lima, J. Z., Ogura, A. P., Espíndola, E. L. G., da Silva, E. F., & Rodrigues, V. G. S. (2024). Post-sorption of Cd, Pb, and Zn onto peat, compost, and biochar: Short-term effects of ecotoxicity and bioaccessibility. *Chemosphere*, 352, 141521.

- Lüscher, A., Suter, M., & Finn, J.A. (2016). Legumes and grasses in mixtures complement each other ideally for sustainable forage production. *The journal of the International Legume Society*, Issue 12, April 2016, 8-10.
- Martin, C., Copani, G., & Niderkorn, V. (2016). Impacts of forage legumes on intake, digestion and methane emissions in ruminants. *The Journal of The International Legume Society*, 12, 24-25.
- Önal Aşçı, Ö., & Acar, Z. (2018). Kaba yemlerde Kalite. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, 112.
- Özkan, U. (2020). Türkiye yem bitkileri tarımına karşılaştırmalı genel bakış ve değerlendirme. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(1), 29-43.
- Özyazıcı, G. (2020). Azotlu gübre dozlarının karabuğday (*Fagopyrum Esculentum* Moench.) bitkisinin tohum verimi ve bazı tarımsal özelliklerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 635-648.
- Özyazıcı, G., Açıkbaş, S., & Özyazıcı, M.A., (2023). Effects of salicylic acid priming application in some switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 7(2), 137-146
- Panyasak, A., & Tumwasorn, S. (2013). Effect of Moisture Content and Storage Time on Sweet. *Walailak Journal of Science and Technology*, 12(3), 237-243.
- Patra, A.K., Kamra, D.N., & Agarwal, N. (2006). Effect of plant extracts on in vitro methano genesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4), 276-291.
- Polat, H. İ., & Kan, A. (2021). Karabuğdayın (*Fagopyrum Esculentum* Moench.) Farklı Gelişme Dönemlerinde Bazı Verim Ve Kalite Özelliklerinin Araştırılması. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 234-240.
- Rochfort, S., Parker, A.J., & Dunshea, F.R. (2008). Plant bioactives for ruminant health and productivity, *Phytochemistry*, 69(2), 299-322.
- Sari, R. (2018). Farklı biochar (biyokömür) materyallerinin toprak kalitesi üzerine etkisinin parsel bazında araştırılması/Investigate the effect of different biocahar types on soil quality at parcel (Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa).
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Şahin, İ. F., & Zaman, M. (2010). Hayvancılıkta önemli bir yem kaynağı: Silaj. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 15(23), 1-18.
- Wijngaard, H., & Arendt, E. K. (2006). Buckwheat. *Cereal Chemistry*, 83(4), 391-401.
- Xiao, Q., Zhu, L. X., Zhang, H. P., Li, X. Y., Shen, Y. F., & Li, S. Q. (2016). Soil amendment with biochar increases maize yields in a semi-arid region by improving soil quality and root growth. *Crop & Pasture Science*, 67(5), 495-507.
- Yamaner, Ç., Alkan, M., Halavurt, E. A., & Tekin, T. H. (2021). Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) Bitkisinden Hazırlanan Silaj Örneklerinin Kalitesi Üzerine Etkili Olan Laktik Asit Bakteri Profiline DNA Parmak İzi Tekniği ile Tanımlanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 1-11.

- Yavaş, H., Öztürk, S. N., Güneş, A., Azak, M., & Gülümser, E. (2025). Karabuğday (*Fagopyrum Esculentum* Moench.) Kepeđinin Yem Kalitesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 12(3), 257-262.
- Yavuz, H., Yiđit, A., & Ereku, O. (2016). Farklı ekim sıklıklarının karabuğday'da (*fagopyrum esculentum moench.*) verim ve bazı tane kalitesi özelliklerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 17-22.
- Yavuz, M., & Kara, B. (2018). Comparison of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Silage and hay. ISNOS-MED 2018.
- Yıldırım, İ., Kardeş, Y. M., & Gülümser, E. (2024). Silajlık mısıra farklı oranlarda ilave edilen şerbetçi otunun silaj kalitesine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 221-228.
- Zhang, A., Liu, Y., Pan, G., Hussain, Q., Li, L., Zheng, J., & Zhang, X. (2012). Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. *Plant and Soil*, 351(1–2), 263–275.

# **EKLER**



