



T.C.

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

TARLA BİTKİLERİ DOKTORA PROGRAMI

**MISIR-SORGUM BİRLİKTE EKİM SİSTEMİNDE OT VE SİLAJ VERİMİ İLE YEM
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ**

DOKTORA TEZİ

LEVENT BURGU

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. HANİFE MUT

BİLECİK, 2025

10770571

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
TARLA BİTKİLERİ DOKTORA PROGRAMI

**MISIR-SORGUM BİRLİKTE EKİM SİSTEMİNDE OT VE SİLAJ VERİMİ İLE YEM
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ**

DOKTORA TEZİ

LEVENT BURGU

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. HANİFE MUT

BİLECİK, 2025

10770571

BEYAN

“Mısır-Sorgum Birlikte Ekim Sisteminde Ot ve Silaj Verimi ile Yem Kalitesinin Belirlenmesi ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi” başlıklı doktora 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.

Bu çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından TEZ-D-2024-544 nolu proje ile desteklenmiştir.

Levent Burgu

../12/2025

İmza :

ÖN SÖZ

Doktora eğitimimin planlanması ve araştırma konusunun seçilmesinden itibaren tüm süreç boyunca, çalışmamı sahiplenerek takip eden, bilgi birikimi ve tecrübesini benimle paylaşarak bu güne ulaşmamı sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Hanife MUT'a ve eğitim süreci boyunca değerlendirme ve yönlendirmeleri ile çalışmamın başarısını yükselten doktora tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Zeki MUT ve Prof. Dr. İlknur AYAN hocalarımıza değerli katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca tezin savunma sürecinde öneri ve görüşleri ile tezin niteliğinin artmasına destek olan Doç. Dr. Özge Doğanay ERBAŞ KÖSE ve Doç. Dr. Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmama ilişkin denemelerin kurulmasında, yürütülmesinde ve laboratuvar analizlerinin yapılması sırasında yardımlarını ve emeklerini esirgemeyen, Arş. Gör. Dr. Yusuf Murat KARDEŞ'e, Yüksek Lisans Öğrencisi Ziraat Mühendisi İlknur YILDIRIM'a, yaşam döngüsü değerlendirmesi konusunda katkı sağlayan Doç. Dr. Burçin ATILGAN TÜRKMEN'e, çalışma arkadaşım Harita Yüksek Mühendisi Esin YAŞAR DURMAZ'a ve bu doktora çalışmasını, TEZ-D-2024-544 numaralı BAP projesi ile destekleyen Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Son olarak doktora eğitim sürecim boyunca bana manevi destek sağlayan eşim Didem BURGU ve oğlum Batu BURGU 'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Levent Burgu

2025

ÖZET

MISIR-SORGUM BİRLİKTE EKİM SİSTEMİNDE OT VE SİLAJ VERİMİ İLE YEM KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

Bilecik ilinde 2023 ve 2024 yıllarında yürütülen bu çalışma, silajlık mısır (SM) ve sorgum-sudanotu melezi (SSM) bitkilerinin yalın ekimleri ile kendi aralarında ve ayçiçeği ve soya fasulyesi ile birlikte ekimlerinin (yalın SM, yalın SSM, yalın SF, yalın AY, %75 SM + %25 SSM, %50 SM + %50 SSM, %25 SM + %75 SSM, %50 SM + %50 SF, %50 SSM + %50 SF, %50 SM + %50 SF ÜG-, %50 SSM+ %50 SF ÜG-, %50 SM + %50 AY, %50 SSM + %50 AY) verim, yem kalitesi ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması amacıyla yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre işlemlerin kuru ot verimleri, kuru otta ham protein verimleri, ADF, NDF ve kondense tanen içerikleri sırasıyla 1212.0 – 2813.3 kg da⁻¹, 89.59- 254.2 kg da⁻¹, % 37.56 – 43.30, % 48.04 – 73.47 ve % 0.507 – 0.748 arasında değişmiştir. Ele alınan işlemlerin silaj verimleri ve silaj ham protein verimleri 3246.4- 7535.7 kg da⁻¹ ve 414.8 - 708.9 kg da⁻¹ arasında değişmiş olup, silajların besin madde kompozisyonunun (ADF, NDF, NYD, kondense tanen) ve fermantasyon kalitesinin (pH, Flieg puanı, organik asit içerikleri) hayvan besleme açısından yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır. Yapılan yaşam döngüsü değerlendirmesinde (YDD) ise incelenen on bir çevresel etki kategorisinden altısında (ATP_F, ÖP, KIP, İTP, DEP, OTİP) en düşük çevresel yük %25 SM + % 75 SSM, iki etki kategorisinde (AP ve FOOP) %50 SM + %50 SSM, iki etki kategorisinde (AP ve FOOP) yalın sorgum-sudanotu melezi ve TSEP kategorisinde yalın ayçiçeği işleminde belirlenmiştir. Yalın soya fasulyesi ekiminin ise 11 etki kategorisinin 10 tanesinde en fazla çevresel etkiye neden olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar, SM+SSM karışık ekim sistemlerinin, aynı istatistiksel grupta yer alan verimleri ve kabul edilebilir yem kalitesi ile SM ekimine alternatif olabileceği, özellikle iklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklıklar, azalan ve düzensizleşen yağış koşullarında hayvan yemi arz güvenliğine katkı sağlayabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte YDD sonuçlarına göre incelenen 11 etki kategorisinden altısında en düşük çevresel etkiye sebep olan %25 SM + % 75 SSM karışık ekim sisteminin öncelikli olarak, iki kategoride en düşük çevresel etkiye sebep olan %50 SM + %50 SSM ekim sisteminin ise alternatif olarak önerilebileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim eylemi, karışık ekim, silajlık mısır, sorgum-sudanotu melezi, yaşam döngüsü değerlendirmesi

ABSTRACT

DETERMINATION OF GRASS AND SILAGE YIELD AND FEED QUALITY IN THE MAIZE-SORGHUM INTERCROPPING SYSTEM AND LIFE CYCLE ASSESSMENT

This study, conducted in Bilecik province during 2023 and 2024, aimed to compare the yield, forage quality, and environmental impacts of sole and intercropping systems involving silage maize (SM) and sorghum-sudangrass (SSM), as well as their combinations with sunflower (AY) and soybean (SF). The evaluated treatments were: sole crops of SM, SSM, SF, AY and 75% SM + 25% SSM, 50% SM + 50% SSM, 25% SM + 75% SSM, 50% SM + 50% SF, 50% SSM + 50% SF, 50% SM + 50% SF (UG-), 50% SSM + 50% SF (UG-), 50% SM + 50% AY, and 50% SSM + 50% AY intercropping systems. In hay evaluation, the dry matter yields, crude protein (CP) yields in dry matter, ADF, NDF, condensed tannin, and RFV ranged from 1212.0 to 2813.3 kg da⁻¹, 89.59 to 254.2 kg da⁻¹, 37.56–43.30%, 48.04–73.47%, 0.507–0.748%, and 70.37–106.76, respectively. Silage yields and silage crude protein yields of the treatments varied between 3246.4–7535.7 kg da⁻¹, 414.8–708.9 kg da⁻¹, respectively. The nutrient composition (ADF, NDF, RFV, condensed tannin) and fermentation quality (pH, Flieg score, organic acid content) of the resulting silages were determined to be sufficient for animal nutrition. LCA revealed that, among the eleven categories evaluated, the 25% SM + 75% SSM in six categories (ATPF, EP, GWP, HT, ODP, METP), the 50% SM + 50% SSM in two categories (AP, POCP), the sole SSM in two categories (ATPE, TETP) and the sole AY in one category (FETP) resulted in the lowest environmental burdens. Conversely, the sole SF accounted for the highest environmental burdens in 10 of the 11 categories.

The findings suggest that SM + SSM intercropping systems can be recommended as alternatives to SM by their yield values and forage quality. Such systems may contribute to feed supply security under conditions of increasing temperatures and decreasing and irregular precipitation caused by climate change. Moreover, based on the LCA results, the 25% SM + 75% SSM intercropping system is prioritized due to its lowest environmental impact across six categories, while the 50% SM + 50% SSM system can be considered as an alternative, given its relatively low environmental impact in two categories.

Keywords: Climate action, intercropping, life cycle assessment, silage maize, sorghum sudangrass hybrid

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İklim Değişikliği ve Tarımsal Üretim	1
1.2. Silajlık Mısır Tarımı.....	2
1.3. Sorgum-sudanotu Melezi Tarımı	2
1.4. Birlikte Ekim Sistemleri.....	3
1.5. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi	4
1.6. Hipotez.....	5
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Silajlık Mısır Üretimi	7
2.2. Yemlik Sorgum ve Sorgum-sudanotu Melezi Üretimi	11
2.3. Mısır ve Sorgum Türlerinin Karşılaştırılması.....	13
2.4. Birlikte Ekim Sistemleri ve Karışık Silaj Yapımı	16
2.5. İklim Değişikliği ve Tarımsal Üretimin Çevresel Etkileri	20
3. MATERYAL VE METOT	22
3.1. Materyal	22
3.1.1. Denemede kullanılan bitki materyali	22
3.1.2. Araştırma alanı hakkında genel bilgiler	23
3.1.3. Araştırma alanı iklim özellikleri.....	24
3.1.4. Araştırma alanı toprak özellikleri	25
3.2. Metot	25

3.2.1. Uygulanan tarımsal işlemler	26
3.2.2. Araştırmada incelenen özellikler	27
3.2.2.1. Agronomik özellikler	27
3.2.2.2. Kuru ot kalitesine ilişkin özellikler.....	28
3.2.2.3. Silaj kalitesine ilişkin özellikler.....	31
3.2.3. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	34
3.2.4. Yaşam döngüsü değerlendirmesi	35
3.2.4.1. Amaç ve kapsam.....	35
3.2.4.2. Veri ve kabuller	36
3.2.4.3. Etki analizi	36
3.2.4.4. Saha emisyonları	37
3.2.4.5. Üretim sırasında oluşan ağır metal emisyonları	39
3.2.4.6. Çevresel etki kategorileri.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1. Agronomik Özellikler	44
4.1.1. Bitki boyu (cm)	44
4.1.2. Gövde çapı (mm)	48
4.1.3. Yaprak sayısı	51
4.1.4. Yeşil ot verimi (kg da ⁻¹).....	55
4.1.5. Kuru ot verimi (kg da ⁻¹).....	58
4.1.6. Silaj verimi (kg da ⁻¹).....	61
4.2. Kuru ot kalitesine ilişkin özellikler	64
4.2.1. Ham protein verimi (kg da ⁻¹).....	64
4.2.2. Asit deterjanda çözünmeyen lif (%)	67
4.2.3. Nötral deterjanda çözünmeyen lif (%).....	70
4.2.4. Mineral madde içeriği (%)	72
4.2.5. Kondense tanen içeriği (%)	82
4.2.6. Nispi yem değeri	84
4.3. Silaj kalitesine ilişkin özellikler	87
4.3.1. Fiziksel gözlemler	87
4.3.2. Ham protein verimi (kg da ⁻¹)	90
4.3.3. Silaj örneklerinin pH düzeyi	92

4.3.4. Flieg puanı.....	95
4.3.5. Asit deterjanda çözünmeyen lif (%)	98
4.3.6. Nötral deterjanda çözünmeyen lif (%)	100
4.3.7. Mineral madde içeriği (%)	103
4.3.8. Kondense tanen içeriği (%)	113
4.3.9. Organik asit içeriği (%)	115
4.3.10. Nispi yem değeri	120
4.4. Yaşam döngüsü değerlendirmesi.....	123
4.4.1. Abiyotik tükenme potansiyeli (Element mg Sb eşd.).....	123
4.4.2. Abiyotik tükenme potansiyeli (Fosil - Mj).....	124
4.4.3. Asidifikasyon potansiyeli (g SO ₂ eşd.).....	125
4.4.4. Ötrofikasyon potansiyeli (g PO ₄ eşd.)	126
4.4.5. Tatlısu ekotoksosite potansiyeli (kg DCB eşd.)	128
4.4.6. Küresel ısınma potansiyeli (kg CO ₂ eşd.)	129
4.4.7. İnsan toksisitesi potansiyeli (kg DCB eşd.).....	130
4.4.8. Deniz ekotoksosite potansiyeli (t DCB eşd.)	132
4.4.9. Ozon tabakasının incelme potansiyeli (mg CFC11 eşd.)	133
4.4.10. Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli (mg Etilen eşd.).....	134
4.4.11. Karasal ekotoksosite potansiyeli (kg DCB eşd.).....	135
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	137
KAYNAKÇA	143

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Denemede kullanılan çeşitler	22
Tablo 3.2. 2023 yılı deneme alanı köşe koordinatları listesi	23
Tablo 3.3. 2024 yılı deneme alanı köşe koordinatları listesi	24
Tablo 3.4. Vejetasyon dönemine ait Bilecik ili uzun yıllar ortalaması ile 2023 ve 2024 yılları iklim verileri.....	24
Tablo 3.5. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	25
Tablo 3.6. Araştırma konuları.....	26
Tablo 3.7. Nispi yem değerine göre yem kalite standartları.....	30
Tablo 3.8. Silo Yemlerinin Fiziksel Değerlendirme Anahtarı.....	31
Tablo 3.9. Silajların Fiziksel Kalite Puanlarına Göre Yem Nitelik Sınıflandırması	31
Tablo 3.10. Flieg Skorları ve Kalite Derecesi	32
Tablo 3.11. Nakliye ve ulaşım verileri	36
Tablo 3.12. Ağır metal birikimi nedeniyle oluşan yıllık girdi ($\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1}$).....	39
Tablo 3.13. Kullanılan gübrelerin ağır metal içerikleri ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	40
Tablo 3.14. Bitki biyokütlesindeki ağır metal içerikleri ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).....	40
Tablo 3.15. Topraktan yüzey ve yer altı sularına ağır metal sızıntısı ($\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1}$).....	40
Tablo 4.1. Silajlık mısır bitkilerinde bitki boyuna ait ortalama değerler (cm).....	44
Tablo 4.2. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde bitki boyuna ait ortalama değerler (cm).....	46
Tablo 4.3. Silajlık mısır bitkilerinde gövde çapına ait ortalama değerler (mm)	48
Tablo 4.4. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde gövde çapına ait ortalama değerler (mm) ..	50
Tablo 4.5. Silajlık mısır bitkilerinde yaprak sayısına ait ortalama değerler (adet)	52
Tablo 4.6. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde yaprak sayısına ait ortalama değerler (adet)	53
Tablo 4.7. İşlemlerin ortalama yeşil ot verimleri (kg da^{-1}).....	55

Tablo 4.8. İşlemlerin ortalama kuru ot verimleri (kg da ⁻¹).....	58
Tablo 4.9. İşlemlerin ortalama silaj verimleri (kg da ⁻¹).....	61
Tablo 4.10. Kuru otta belirlenen ortalama ham protein verimleri (kg da ⁻¹).....	64
Tablo 4.11. Kuru otta belirlenen ortalama ADF oranları (%).....	68
Tablo 4.12. Kuru otta belirlenen ortalama NDF oranları (%).....	70
Tablo 4.13. Kuru otta belirlenen ortalama P içerikleri (%).....	73
Tablo 4.14. Kuru otta belirlenen ortalama K içerikleri (%).....	76
Tablo 4.15. Kuru otta belirlenen ortalama Ca içerikleri (%).....	78
Tablo 4.16. Kuru otta belirlenen ortalama Mg içerikleri (%).....	80
Tablo 4.17. Kuru otta belirlenen ortalama kondense tanen içerikleri (%).....	83
Tablo 4.18. Kuru otta belirlenen ortalama nispi yem değerleri.....	85
Tablo 4.19. 2023 yılında elde edilen silajların fiziksel gözlemleri ile yem nitelik sınıfları....	88
Tablo 4.20. 2024 yılında elde edilen silajların fiziksel gözlemleri ile yem nitelik sınıfları....	89
Tablo 4.21. Silajda belirlenen ortalama ham protein verimleri (kg da ⁻¹).....	90
Tablo 4.22. Silajda belirlenen ortalama pH değerleri.....	94
Tablo 4.23. Silajların ortalama Flieg puanları.....	96
Tablo 4.24. Silajlarda belirlenen ortalama ADF oranları (%).....	98
Tablo 4.25. Silajlarda belirlenen ortalama NDF oranları (%).....	101
Tablo 4.26. Silajlarda belirlenen ortalama P içerikleri (%).....	104
Tablo 4.27. Silajlarda belirlenen ortalama K içerikleri (%).....	106
Tablo 4.28. Silajlarda belirlenen ortalama Ca içerikleri (%).....	108
Tablo 4.29. Silajlarda belirlenen ortalama Mg içerikleri (%).....	110
Tablo 4.30. Silajlarda belirlenen ortalama kondense tanen içerikleri (%).....	114
Tablo 4.31. Silaj örneklerinde belirlenen ortalama laktik asit içerikleri (%).....	116
Tablo 4.32. Silajlarda belirlenen ortalama asetik asit içerikleri (%).....	118
Tablo 4.33. Silajlarda belirlenen ortalama nispi yem değerleri.....	120

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Deneme alanları uydu görüntüsü	23
Şekil 3.2. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sistem sınırları	35
Şekil 4.1. Silajlık mısır bitki boyu kutu grafiği analizi.....	46
Şekil 4.2. Sorgum-sudanotu melezi bitki boyu kutu grafiği analizi.....	47
Şekil 4.3. Silajlık mısır bitkilerinde gövde çapı kutu grafiği analizi.	49
Şekil 4.4. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde gövde çapı kutu grafiği analizi	50
Şekil 4.5. Silajlık mısır bitkilerinde yaprak sayısı kutu grafiği analizi.....	52
Şekil 4.6. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde yaprak sayısı kutu grafiği	54
Şekil 4.7. Yeşil ot verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	56
Şekil 4.8. Yeşil ot verimine ilişkin kutu grafiği analizi	56
Şekil 4.9. Kuru ot verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	59
Şekil 4.10. Kuru ot verimine ilişkin kutu grafiği analizi.	60
Şekil 4.11. Silaj verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	62
Şekil 4.12. Silaj verimine ilişkin kutu grafiği analizi	63
Şekil 4.13. Kuru ot ham protein verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	65
Şekil 4.14. Kuru ot ham protein verimine ilişkin kutu grafiği analizi	66
Şekil 4.15. Kuru ot ADF oranına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	69
Şekil 4.16. Kuru ot ADF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi.	69
Şekil 4.17. Kuru ot NDF oranına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	71
Şekil 4.18. Kuru ot NDF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi	72
Şekil 4.19. Kuru ot P içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	74
Şekil 4.20. Kuru ot P içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi	75
Şekil 4.21. Kuru ot K içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	77
Şekil 4.22. Kuru ot K içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi.....	77

Şekil 4.23. Kuru ot Ca içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	79
Şekil 4.24. Kuru ot Ca içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi	79
Şekil 4.25. Kuru ot Mg içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	81
Şekil 4.26. Kuru ot Mg içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi	81
Şekil 4.27. Kuru ot kondense tanen içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi	83
Şekil 4.28. Kuru ot nispi yem değerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	86
Şekil 4.29. Kuru ot nispi yem değerine ilişkin kutu grafiği analizi	86
Şekil 4.30. Silajda ham protein verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	91
Şekil 4.31. Silaj ham protein verimine ilişkin kutu grafiği analizi.	92
Şekil 4.32. Silaj örneklerinin pH düzeyine ilişkin kutu grafiği analizi.....	94
Şekil 4.33. Silaj örneklerinin Flieg puanlarına ilişkin kutu grafiği analizi	97
Şekil 4.34. Silaj ADF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi	99
Şekil 4.35. Silajda NDF oranına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	102
Şekil 4.36. Silaj NDF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi	102
Şekil 4.37. Silajda P içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	105
Şekil 4.38. Silajların P içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi	105
Şekil 4.39. Silajda K içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	107
Şekil 4.40. Silajların K içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi	107
Şekil 4.41. Silajda Ca içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği.....	109
Şekil 4.42. Silajların Ca içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi.....	110
Şekil 4.43. Silajda Mg içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	112
Şekil 4.44. Silajların Mg içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi.....	112
Şekil 4.45. Silajların kondense tanen içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi.....	115
Şekil 4.46. Silajda laktik asit içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	117
Şekil 4.47. Silajların laktik asit içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi.....	117
Şekil 4.48. Silajların asetik asit içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi	119

Şekil 4.49. Silaj nispi yem değerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği	121
Şekil 4.50. Silajların nispi yem değerine ilişkin kutu grafiği analizi	122
Şekil 4.51. İşlemlerin 1 kg kuru ot için abiyotik tükenme potansiyeli (ATP _E)	123
Şekil 4.52. İşlemlerin 1 kg silaj için abiyotik tükenme potansiyeli (ATP _E)	124
Şekil 4.53. İşlemlerin 1 kg kuru ot için abiyotik tükenme potansiyeli (ATP _F).....	124
Şekil 4.54. İşlemlerin 1 kg silaj için abiyotik tükenme potansiyeli (ATP _F)	125
Şekil 4.55. İşlemlerin 1 kg kuru ot için asidifikasyon potansiyeli	126
Şekil 4.56. İşlemlerin 1 kg silaj için asidifikasyon potansiyeli.....	126
Şekil 4.57. İşlemlerin 1 kg kuru ot için ötrofikasyon potansiyeli	127
Şekil 4.58. İşlemlerin 1 kg silaj için ötrofikasyon potansiyeli	127
Şekil 4.59. İşlemlerin 1 kg kuru ot için tatlısu ekotoksisite potansiyeli	128
Şekil 4.60. İşlemlerin 1 kg silaj için tatlısu ekotoksisite potansiyeli	129
Şekil 4.61. İşlemlerin 1 kg kuru ot için küresel ısınma potansiyeli	130
Şekil 4.62. İşlemlerin 1 kg silaj için küresel ısınma potansiyeli.....	130
Şekil 4.63. İşlemlerin 1 kg kuru ot için insan toksisitesi potansiyeli.....	131
Şekil 4.64. İşlemlerin 1 kg silaj için insan toksisitesi potansiyeli.....	131
Şekil 4.65. İşlemlerin 1 kg kuru ot için deniz ekotoksisite potansiyeli	132
Şekil 4.66. İşlemlerin 1 kg silaj için deniz ekotoksisite potansiyeli	132
Şekil 4.67. İşlemlerin 1 kg kuru ot için ozon tabakasının incelme potansiyeli.....	133
Şekil 4.68. İşlemlerin 1 kg silaj için ozon tabakasının incelme potansiyeli	134
Şekil 4.69. İşlemlerin 1 kg kuru ot için fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli.....	134
Şekil 4.70. İşlemlerin 1 kg silaj için fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli	135
Şekil 4.71. İşlemlerin 1 kg kuru ot için karasal ekotoksisite potansiyeli.....	136
Şekil 4.72. İşlemlerin 1 kg silaj için karasal ekotoksisite potansiyeli.....	136

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ADF	: Asit deterjanda çözünmeyen lif
AP	: Asidifikasyon potansiyeli
ATP_E	: Abiyotik tükenme potansiyeli element
ATP_F	: Abiyotik tükenme potansiyeli fosil
AY	: Ayçiçeği
Ca	: Kalsiyum
Cm	: Santimetre
da	: Dekar
ETP	: Ekotoksosite potansiyeli
FOOP	: Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli
HP	: Ham protein oranı
İTP	: İnsan toksisitesi potansiyeli
K	: Potasyum
Kg	: Kilogram
KIP	: Küresel ısınma potansiyeli
KM	: Kuru madde oranı
m	: Metre
Mg	: Magnezyum
N	: Azot
NDF	: Nötr deterjanda çözünmeyen lif

NYD	: Nispi Yem Değeri
OTİP	: Ozon tabakası inceltme potansiyeli
ÖP	: Ötrofikasyon potansiyeli
P	: Fosfor
SF	: Soya fasulyesi
SM	: Silajlık mısır
SSM	: Sorgum-sudanotu melezi
UYO	: Uzun yıllar ortalaması
YDD	: Yaşam döngüsü değerlendirmesi
ÜG-	: Üst gübre uygulanmadı

1. GİRİŞ

Dünyada hayvansal üretimin kökeni, yaklaşık 11.000 yıl önce, son buzul döneminden sonra, insanların koyunları evcilleştirmeye başlamasına dayanır (Hartung, 2013). Bu tarihten itibaren hayvancılık, insanların gıda ihtiyacının karşılanmasında giderek artan düzeyde pay sahibi olmuştur. Popülasyondaki artış doğrusal olmadığından, gıda ihtiyacı da doğrusal bir artış göstermemiş, belirli dönemlerde sıçramalar gerçekleştirmiştir. Benzer bir durumun önümüzdeki süreçte de yaşanması muhtemeldir. Küresel olarak artan Dünya nüfusu ile birlikte gıda talebinin 2050 yılına kadar son 10 yıldaki üretim seviyelerinin %35 ila %56 üzerinde artması öngörülmektedir (Van Dijk, 2021).

1.1. İklim Değişikliği ve Tarımsal Üretim

İnsanlığın yüzleşmek zorunda kaldığı en büyük sorun olduğu kabul edilen iklim değişikliği, tarımsal üretim bakımından da bir kırılma noktası oluşturabilecektir. Küresel ısınma düzeyinin, gelecekteki sera gazı emisyonlarının miktarına bağlı olarak değişiklik gösterebileceği bilinmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar, 2081-2100 yılları için sıcaklıkların, 1850-1900 yılları aralığına kıyasla, önümüzdeki süreçte sera gazı emisyonlarının düşük olması durumunda 1.0 ila 1.8°C, orta düzeyde olması durumunda 2.1 ila 3.5°C ve yüksek olması durumunda ise 3.3 ila 5.7°C daha yüksek seyredeceğini göstermektedir (IPCC, 2023).

Küresel ısınma nedeniyle yakın gelecekte sıcaklık ve yağışlarda uç noktaların görülmesinin olası olduğu, aşırı veya yoğun yağış ya da kuraklığa maruz kalmanın bölgenin coğrafyasına bağlı olduğu bilinmektedir (Malhi vd. 2021). Yağış modellerindeki değişiklik, ürünler için su kısıtı ve ilişkili kuraklık sorunlarını arttıracak, yağışın öngörülebilirliğini azaltacak, sulama planlamasını zorlaştıracak ve dolaylı bir şekilde verim çıktısını belirleyen gübre ve minerallerin emilim oranlarını değiştirebilecektir. (Praveen ve Sharma 2019).

Lobell ve diğerleri (2011) çoğu ülkenin ekim bölgelerinde ve yetiştirme mevsimlerinde, 1980'den 2008'e kadar sıcaklık eğilimlerinin tarihsel yıllık değişkenliğin bir standart sapmasını aştığını, ürün verimini hava durumuna bağlayan modellerin, küresel mısır ve buğday üretiminin, iklim eğilimleri olmayan bir karşı olguya göre sırasıyla %3.8 ve %5.5 oranında azaldığını belirlemişlerdir. Önümüzdeki süreçte tarımsal üretim giderek artan bir şekilde doğal kaynaklar, özellikle toprak ve su için rekabet, gıda ve yem arasındaki rekabet ve karbon kısıtlamalı bir ekonomide faaliyet gösterme ihtiyacı tarafından etkilenecektir (Thornton, 2010). İklim değişikliğinden kaynaklanan kesintiler gelecekteki dünya nüfusunu besleme yeteneğimizi etkileyecek, bu süreçte gıda güvenliği, tarımsal sistemleri iklim değişikliğine uyarlama

yeteneğimize bağlı olacaktır (Hatfield vd. 2020).

Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında yer alan, 13. hedef iklim eyleminin alt hedeflerinden biri iklim değişikliği koşullarına uyum kapasitesinin geliştirilmesidir (BM, 2016). Bu kapsamda, yem bitkileri üretiminde de iklim değişikliğinin getirdiği yeni koşullarda yem veriminin ve kalitesinin korunarak üretime devam edilebilmesinin yollarını arayan çalışmalar önem kazanmaktadır. Tarım profesyonelleri, gıda güvenliğini riskini bertaraf etmek için yapılacak tüm çalışmalar ve teknolojik gelişmeler ile öncelikle iklimden kaynaklanan olumsuzluğu telafi etmek daha sonra da artan gıda ihtiyacının karşılanması için verimi ve üretimi arttırmaya devam etmek zorundadır.

1.2. Silajlık Mısır Tarımı

Yaklaşık 9000 yıl önce evcilleştirilmesinden bu yana mısır, küresel tarımsal gıda sistemlerinde giderek artan ve çeşitlenen bir rol oynamıştır (Erenstein vd. 2022). Halen Dünyada 203 milyon hektardan daha fazla mısır ekim alanı bulunmaktadır (FAOSTAT, 2022). Türkiye’de 504620 ha silajlık ve yeşil yem amaçlı ekimi bulunmakta olup, hayvansal üretime yaklaşık 28 milyon ton kaba yem sağlamaktadır (TÜİK, 2024). Tahıl üretiminin de büyük bölümünün hayvan yemi olarak değerlendirildiği düşünüldüğünde, mısırın Türkiye hayvansal üretimi için en önemli yem bitkisi olduğu söylenebilir.

Mısırın yem bitkisi olarak tercih edilmesinin temel nedenleri yüksek verimi, geniş adaptasyon sağlayacak çeşit zenginliğine sahip olması, kaliteli yem elde edilmesi, rasyonlarda yüksek enerji sağlaması ve silaj yapımına uygunluğu olarak sıralanabilir. Bu özellikler mısırın alternatifleri karşısında ön plana çıkartmakta ve daha çok tercih edilmektedir. Ancak mısır, iklim değişikliğine duyarlı C4 bitkilerinden biri olup, çalışmalar mısırın çok yüksek sıcaklıklara duyarlı olduğunu ve artan sıcaklıkların bu bitkinin verimini büyük ölçüde azaltabileceğini göstermiştir (Ahmadi vd., 2021). Üstelik hem nem fazlalığına hem de eksikliğine duyarlıdır (Ray vd., 2024). Tüm bunların yanında mısır üretimi su kaynakları üzerinde de önemli bir yük oluşturur. İklim koşullarına bağlı olarak, taşıma ve uygulama sırasında oluşan kayıplar hariç, net, 500 ila 800 mm arasında suya ihtiyaç duyar (FAO, 2024). Bu özellikleri nedeni ile iklim değişikliğinin getireceği yüksek sıcaklık, düzensiz yağış ve kısıtlı kaynak koşullarında mısırın yem üretiminde yüksek paya sahip olduğu modeller sürdürülebilir olmaktan uzaktır.

1.3. Sorgum-sudanotu Melezi Tarımı

Anavatanı Afrika-Etiyopya kabul edilen sorgum da mısır gibi tek yıllık, sıcak iklim C4 bitkisidir. Özellikle Afrika’da tahıl üretimi için kullanılmasının yanında bol yapraklı, uzun boylu

ve çok kardeşlenen sudanotu melezlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaşması ile önemli bir yem bitkisi olarak kabul edilmiştir. Yüksek kaliteli yem üretimi sağlar, kuraklığa dayanıklıdır, yüksek sıcaklıklarda iyi performans gösterir, özellikle kuraklık yıllarında veya sulama kaynakları sınırlı olduğunda faydalı olabilir (Boren vd., 2022). Sorgum-sudanotu melezi için yem üretimi eğiliminin artacağı tahmin edilmektedir. Kısa vadeli tekil hasara karşı daha sık hasat imkanı, kök sisteminin daha derine uzanması sayesinde, toprak erozyonu ve yatmaya karşı direncin yanında yoğun yağış ve marjinal iklim olaylarının yol açabileceği hasarlarının daha az olması önemli avantajlardır. Bu nedenle, iklim değişikliği ve aşırı/anormal hava koşulları nedeniyle hızla değişen bir ortamda, kuraklık veya kısıtlı sulama riski görülen alanlarda sorgum-sudanotu melezinin yetiştirilmesi, istikrarlı ve güçlü yem üretimi sağlamada avantajlı olacaktır (Kim ve Sung, 2023).

Getachew ve ark. (2016) sorgumun, yetiştirme koşulları optimum olduğunda yem verimi ve kalitesi açısından mısırdan daha düşük olmasına rağmen, düşük yağış veya sınırlı sulama suyu kaynağı olan alanlar için potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.

TÜİK istatistiklerinde sorgum-sudanotu melezi ayrı bir başlık olarak yer almamaktadır. Türkiye’de yemlik olarak ekilen sorgum türlerinin üretim alanının 3835 dekar ve kaba yem üretiminin 165043 ton, sudanotunun ise üretim alanının 2276 dekar ve kaba yem üretiminin 9128 ton olduğu görülmektedir (TÜİK, 2024). Bu miktarlar mısır, yonca, fiğ ve korunga gibi yem bitkileri üretim alanlarında hakim olan bitkilere kıyasla oldukça düşüktür. Oysa sorgum, sudanotu ve sorgum-sudanotu melezi, kısıtlı su kaynaklarına sahip olan Türkiye’de mevcut kaba yem açığının kapatılması, kurak ve yarı kurak bölgelerde kaliteli ve verimli yem üretimi yapılması, su kaynaklarının daha verimli kullanılması, iklim değişikliğinin getireceği daha zorlu koşullarda yem bitkileri üretiminde ve hayvansal gıda arzında istikrar sağlanması konularında önemli bir potansiyele sahiptir.

1.4. Birlikte Ekim Sistemleri

Birlikte ekim, aynı arazide, aynı anda birden fazla türün yetiştirilmesi olarak tanımlanır, tek ürün yetiştirmeye kıyasla kaynak kullanım verimliliğini ve tarımsal üretkenliği artırır, zorlu iklim koşulları altında verim istikrarını ve üretim sisteminin dayanıklılığı artırma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle tarımsal ekosistemleri güçlendirebilir ve dengeleyebilir (Xie vd., 2021; Weih., vd. 2022; Huss vd. 2022). Birlikte ekim, özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda su kullanım verimliliğini artırabilir ve ürün gelişimi için toprak nem ortamını optimize edebilir (Toker vd. 2024; Yin vd., 2020). İklim değişikliğinin olumsuz etkileri, mevcut tek ürün yetiştirme sistemlerinde, beklenmedik ve aşırı iklim olayları nedeni ile ürün kayıplarına, verim

ve üretim istikrarının azalmasına neden olabilir. Birlikte ekim tarımsal işletmelerin iklim değişikliğine uyumu ve oluşabilecek risklerin azaltılması için kullanılacak yöntemlerden biridir.

Yem bitkileri üretiminde birlikte ekim sistemleri çoğunlukla bir buğdaygil ve bir baklagil bitkisinin birlikte ekilmesine odaklanmıştır. Bu çalışmalarda baklagil yem bitkilerinin azot sağlama kapasiteleri ve yüksek protein içeriklerinin, buğdaygil yem bitkilerinin yüksek verim potansiyeli ile birleştirilmesi ile daha fazla ve daha kaliteli yem üretimi amaçlanmıştır (Di Miceli vd., 2023; Bacchi vd., 2021) Mısır ve sorgum için de benzer çalışmalar yapılmış ve baklagil yem bitkileri ile birlikte ekilerek elde edilen sonuçlar tartışılmıştır (Zhang vd., 2022; Javanmard vd., 2020; Ashoori vd., 2021).

Türkiye’de çiftçi düzeyinde birlikte ekim yoğunlukla uygulanan bir yöntem değildir. Yem bitkileri üretiminde, fiğ ve yem bezelyesi gibi baklagil yem bitkilerinin yatmasını önlemek için arpa, yulaf ve tritikale gibi serin iklim tahıllarla birlikte ekilmesi dışında yaygın kullanılan bir ekim sistemi bulunmamaktadır. Ancak Dünyadaki çalışmalara paralel olarak, yem bitkilerinin birlikte ekimine yönelik araştırmalar Türkiye’de de sıklıkla yürütülmüştür. Çalışmalarda baklagil yem bitkilerinin serin iklim tahılları ile birlikte ekilmesi (Doğrusöz vd., 2023; İleri vd. 2020; Görü ve Seydoşoğlu, 2021) ile mısır ve sorgum türlerinin baklagil yem bitkileri ile birlikte ekilmesi ele alınmış (Gürel ve Okant, 2020; Özel ve Acar, 2020; Kızıl Aydemir vd., 2017), alternatifleri ile karşılaştırılmış ve sonuçları tartışılmıştır. Yapılan literatür taramasında iki buğdaygil yem bitkisinin birlikte ekildiği, verim ve kalite unsurları ile çevresel etkilerinin araştırıldığı çalışmalara rastlanmamıştır.

1.5. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) bir ürün veya hizmetin tüm yaşam döngüsü sürecini ve bağlantılarını bütünsel olarak ele alan, bu sayede süreç boyunca oluşan çevresel etkilerin kümülatif olarak değerlendirip ve raporlanması amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Burgu ve Mut, 2023b). YDD, üretimdeki çevresel sıcak noktaları ortaya çıkarmak, eylemleri önceliklendirmek ve çevresel etkilerini değerlendirmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Hellweg vd., 2023).

YDD tarımsal üretimde de sıklıkla kullanılmaktadır. Diğer tüm bitkilerde ve yem bitkileri yetiştiriciliğinde yaşam döngüsü değerlendirmesi kullanılarak, üretim sürecinden kaynaklanan çevresel etkiler belirlenmekte, alternatif bitki ve yöntemlerin oluşturduğu çevresel yükler ile karşılaştırılmaktadır (Supasri vd., 2020; Bernas vd. 2021; Brask-Pedersen, vd., 2023; Negri vd. 2024).

Dünyada yaygın olarak uygulanmasına rağmen Türkiye’de tarımsal üretime yönelik yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışması birkaç araştırma ile sınırlı kalmış, yapılan kaynak araştırmasında bu çalışmalar arasında yem bitkileri üretimine yönelik yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu tez, yem bitkileri üretiminde YDD yaklaşımını kullanan öncü çalışmalardan biri olma özelliği taşımaktadır

Halihazırda çevre dostu üretimin oldukça önemli olması ve tarım ürünlerinin tercih edilmesinde giderek artan bir unsur olmasının yanında, üretimde iklim değişikliğine sebep olan emisyonların azaltılması da önemli bir başlık olacaktır. Bu kapsamda, üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması ancak mevcut üretimimizin çevresel etkiler bakımından analiz edilmesi, elde edilen sonuçlara göre üretim sürecinin optimize edilmesi ve kaynakları en verimli kullanan tür ve yöntemlerle devam edilmesi ile mümkündür.

Uzun yıllardır Dünyada geniş kabul görmüş bir etki değerlendirme yöntemi olan yaşam döngüsü değerlendirmesi, bu amaç için kullanabilecek önemli bir araçtır. Bu nedenle çalışmada, alternatif işlemlerin verim ve yem kalitesine yönelik performanslarının değerlendirilmesinin yanı sıra çevresel etkilerinin karşılaştırılmasına da yer verilmiş ve bunun için yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada bu unsura da yer verilmesi Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında yer alan, sorumlu üretim ve tüketim hedefini (SKH:12) desteklemekte, tarımsal üretim alanında bu yaklaşımın geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına katkı sağlamaktadır (BM, 2016).

1.6. Hipotez

Tarımda üretim planlaması yapılırken iklim unsurları büyük bir belirsizlik oluşturmaktadır. Bu nedenle, bazı bölgeler için kurak bir sezon geçireceği tahmin edilerek sorgum veya yağışlı ve su sıkıntısı olmayan bir vejetasyon dönemi olacağı varsayımı üzerine mısır tercihi yapılması oldukça zordur. Bu gibi durumlarda, iki bitkinin birlikte ekilmesi ile her ikisinin potansiyeli bir arada kullanılacağı ve marjinal şartlarda dahi daha istikrarlı bir yem üretimi gerçekleştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Bu kapsamda, tez çalışmasında sorgum-sudanotu melezinin zor şartlardaki başarısından, mısırın verim ve yem kalitesinden faydalanılabilecek bir üretim modeli öngörülmüştür.

Tez çalışması kapsamında sorgum-sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) ve silajlık mısırın (*Zea mays* L.) farklı karışım oranları kullanılarak birlikte ekilmesi ile verim, yem kalitesi ve çevresel etkilerine ilişkin sonuçların elde edilmesi, bu sonuçların yalın

sorgum, yalın mısır, her iki ürünün soya fasulyesi ve ayçiçeği ile karışık ekiminden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanması hedeflenmiştir. Bu sayede verim, yem kalitesi ve çevresel etki bakımından en iyi seçeneğin belirlenmesine çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Silajlık Mısır Üretimi

Ödemiş ve Kiraz ekolojik koşullarında, bazı silajlık mısır çeşit ve çeşit adaylarının verim ve silaj kalite değerlerini belirlemek amacıyla, 8 farklı çeşit ve çeşit adayı (Inove, DKC-955, Burak, Reserve, Somma, Impacto, 31Y43, Maximus) kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, iki lokasyon ortalaması üzerinden çeşit ve çeşit adaylarının ortalama bitki boyu 3.27-3.77 m, koçan yüksekliği 1.37-2.08 m, koçan ağırlığı 0.16-0.32 kg, yaprak ağırlığı 0.31-0.45 kg, sap ağırlığı 0.57-0.96 kg ve yeşil ot verimi 10632-13477 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Tek lokasyondan alınan kuru ot verimi ve kalite analizleri neticesinde ise Ödemiş lokasyonunda; kuru madde oranının % 20.6-29.0, ham protein oranının % 6.16-8.61, ham selüloz oranının % 25.7-33.4 ve kuru ot veriminin 2479-3608 kg da⁻¹ arasında değişiklik gösterdiği ifade edilmiştir (Yıldız vd., 2017).

Diyarbakır koşullarında ikinci ürün silajlık olarak yetiştirilecek bazı silajlık mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesi için gerçekleştirilen çalışmada iki yıllık ortalama sonuçların göre; bitki boyları 248.8-291.6 cm, bitki sap çapı 20.1-28.4 mm, bitkide yaprak oranı %16.0-22.7, bitkide sap oranı %46.6-58.4, bitkide koçan oranı %25.0-30.9, yeşil ot verimi 6000.5-10372.8 kg da⁻¹, kuru ot verimi 1656.9-2556.9 kg da⁻¹ arasında değişmiş, verim yönünden Diyarbakır ve benzer ekolojilerde en uygun ekim zamanı 15 Temmuz, en uygun çeşit ise Burak çeşidi olarak önerilmiştir (Seydoşoğlu ve Saruhan, 2017).

Yozgat ekolojik koşullarında, 9 farklı silajlık mısır çeşidinin (Cadız, Colonia, SY Lucrosa, Truva, BC 682, OSSK 596, DS 0224, Arifiye ve Sakarya) bazı silaj özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, silaj örneklerinde kuru madde, ADF ve NDF oranları sırasıyla % 28.36 - 34.58, % 31.30 - 37.47 ve % 50.53 - 60.40 arasında değişmiş, en yüksek ham protein oranı % 9.09 olarak belirlenmiştir (Başaran vd., 2017)

Bursa ekolojik koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı silajlık mısır çeşitlerinin (AS 160 Silaz, Colonia, P 3394, Hacıbey, 94MAY66, Macha, Sy Jullen, Sy Atomic ve Temuco) silaj kalitelerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, varyans analiz sonuçlarına göre; denemede ele alınan silajlık mısır çeşitlerine ait silajların kuru madde oranı ve suda çözünebilir karbonhidrat içeriği bakımından farklılıklar % 5, silaj kaybı, ADF ve NDF içeriği bakımından ise % 1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuş, çeşitlere ait silajlarda tespit edilen pH, ham protein oranı, laktik asit ve asetik asit içerikleri bakımından ise istatistiksel anlamda bir farklılık tespit edilmemiştir. Mısır çeşitlerinin silajlarına ait kuru madde oranlarının % 25.58-31.46 arasında, pH değerlerinin 3.82-3.90 arasında, ham protein oranlarının % 6.50-7.35 arasında değiştiği ve en

düşük ADF oranının % 20.48 ve en düşük NDF oranının % 34,95 ile 94MAY66 çeşidinde belirlendiği bildirilmiştir (Öztürk ve Çarpıcı, 2019)

Bingöl ekolojik koşullarında ana ürün olarak yetiştirilen bazı silajlık mısır çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen araştırmada, iki adet silajlık mısır çeşidi (30B74 ve Burak) ana parsellere, 6 farklı ekim zamanı ise alt parsellere yerleştirilmiş, elde edilen verilere göre bitki boyu 248.7-282.7 cm, bitki sap çapı 19.9-22.6 mm, bitkide koçan oranı % 30.3-35.1, bitkide yaprak oranı % 15.2-18.1, bitkide sap oranı % 48.8-53.1, yeşil ot verimi 7110 9987 kg da⁻¹ ve kuru ot verimi 2078-2514 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda; yeşil ot verimi ile bitki boyu ve bitkide yaprak oranı arasında, kuru ot verimi ile bitki boyu, bitki sap çapı, bitkide yaprak oranı ve yeşil ot verimi arasında, bitki boyu ile bitkide yaprak oranı arasında çok önemli ve pozitif korelasyonlar bulunduğu bildirilmiştir (Çaçan ve Işıktan, 2019).

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde, 6 farklı silajlık mısır çeşidi (DKC721, Hido, Kilowat, Kolosseus, LG30709 ve PNR31143) ile yürütülen çalışmada, varyans analizi sonuçlarına göre ot verimi, bitki boyu, yaprak sayısı, koçan uzunluğu ve koçan çapı değerleri istatistiksel olarak %1 düzeyinde, koçan oranı ise %5 düzeyinde önemli, başak ve yaprak oranları ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş, ot veriminin 8624.9-10681.0 kg da⁻¹, bitki boyunun 234.3-294.3 cm, yaprak sayısının 13.0-15.2 adet, koçan uzunluğunun 20.7-26.0 cm ve koçan çapının ise 46.5-55.6 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Alagöz ve Türk, 2019).

Samsun Çarşamba ekolojisinde sulu koşullarda, 10 mısır çeşidi (RX-9292, DKC- 955, 30 B 74, 36 K 61, Hido, 72 May 80, Otello, Reserve, Aga, Samada-07) ile yürütülen çalışma sonucunda, yeşil ot verimi 7 242.7-11 077.0 kg da⁻¹, sap/bitki oranı % 34.9-47.5, kuru madde verimi 3 017.0-3 525.7 kg da⁻¹, ham protein oranı % 5.01-9.48, NDF oranı % 42.40-56.00, ADF oranı % 29.00-39.17 arasında değiştiği bildirilmiştir (Yılmaz vd., 2020).

Bazı silajlık mısır çeşitlerinde (*Zea mays L.*) bitkisel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2018 yılında Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Çarşamba Ambarköprü Araştırma İstasyonunda yürütülen çalışmada, 10 mısır çeşidi (RX-9292, DKC- 955, 30 B 74, 36 K 61, Hido, 72 May 80, Otello, Reserve, Aga, Samada-07) deneme materyali olarak kullanılmış, araştırma sonucunda çiçeklenme süresinin 70.0-77.3 gün, bitki boyunun 269.3-322.1 cm, ilk koçan yüksekliğinin 100.0-156.1 cm, yaprak sayısının 10.6-14.2 adet, koçan sayısının 1.0-1.4 adet, sap çapının 23.7-27.2 mm, yaprak ağırlığının 122.2-269.9 g, sap ağırlığının 345.6-648.5 g,

koçan ağırlığının 424.8-848.5 g, kuru yaprak ağırlığının 59.0-86.7 g, kuru koçan ağırlığının 229.7-321.7 g, arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Yılmaz vd., 2020).

Çek Cumhuriyeti'nde iklim değişikliği koşulları altında yağışın 2002-2019 yılları arasında tahıl ve silajlık mısır verimi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan çalışmada, araştırmacılar, Çek Cumhuriyeti'nde mısır veriminin 1961'den 2010'a kadar arttığını, ancak 2010'dan sonra azalmaya başladığını, bu durumun, 2010'dan sonra yağışın azalma eğilimi ve sıcaklıktaki artışla uyumlu olduğunu, ayrıntılı olarak, hemen hemen tüm bölgeler için tahıl mısır verimi ile Ağustos ayındaki ortalama sıcaklık arasında düşük ila orta düzeyde negatif bir korelasyon (-0.39 ila -0.51) olduğunu, bazı bölgelerde silajlık mısır verimi ile Temmuz ve Ağustos aylarındaki ortalama sıcaklık arasında düşük bir negatif korelasyon olduğunu, su açığının, silajlık mısır için Temmuz ayında, tahıl için hem Temmuz hem de Ağustos aylarında negatif bir korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (Maitah vd., 2021).

İki ayrı lokasyonda (Tokat-Merkez ve Kocaeli-Kandıra) 11 adet farklı mısır çeşidi (P31Y43, Samada 07, Truva 5 Mısır, Ada523, Ada951, Kompozit Arifiye, Hido, Kilowatt, Aga, DKC7221 ve Burak) kullanılarak yapılan ve materyal olarak kullanılan mısır çeşitlerinin verim ve verim özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, Tokat lokasyonunda bitki boyunun 285.7 cm, yaprak sayısının 12.8 adet, tepe püskülü çıkarma süresinin 77.37 gün, koçan püskülü çıkarma süresinin 82.37 gün, yaprak/sap oranının %43.7, yeşil ot veriminin 8718.4 kg da olarak; Kocaeli lokasyonunda ise bitki boyunun 231.0 cm, yaprak sayısının 13.2 adet, tepe püskülü çıkarma süresinin 78.13 gün, koçan püskülü çıkarma süresinin 83.23 gün, yaprak/sap oranının %42.2, yaş ot veriminin ise 8875.5 kg da⁻¹ olarak gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Yürekli vd., 2021).

Mardin ili Kızıltepe ilçesi koşullarında ikinci ürün olarak farklı ekim zamanlarında yetiştirilen beş farklı mısır çeşidinden elde edilen biyokütlenin silaj kalitesini araştırmak amacıyla yürütülen çalışmada, silaj kuru madde oranının %26.2-30.0, silaj kuru madde veriminin 1.8-2.9 t da⁻¹, silaj ham protein oranının %7.4-8.2, silaj ham protein veriminin 126-193 kg da⁻¹, silaj ham kül oranının % 6.8-7.7, silaj ham kül veriminin 108-220 kg da⁻¹, silaj pH değerinin 3.96-4.06, silaj DLG puanının 15.9-17.6 puan, silaj Flieg puanının 98.5-103.0 puan, silaj sindirilebilir kuru madde oranının %61.8-66.1, silaj kuru madde tüketim oranının %2.34-2.91, silaj nispi yem değerinin 112-149, ADF oranının %29.3-34.7, NDF oranının %41.6-51.5, laktik asit oranının %9.8-10.1 arasında değiştiiği bildirilmiştir (Karadeniz ve Saruhan, 2021a).

Beş farklı mısır çeşidinin adaptasyon özelliklerini ve farklı ekim zamanlarının silaj verimi

ve kalitesine etkilerini belirlemek amacıyla Mardin/Kızıltepe ekolojik koşullarında ikinci ürün yetiştirme döneminde yürütülen çalışma sonucunda, bitki boylarının 260-318 cm, bitki gövde çaplarının 20.4 – 25.0 mm, sap oranlarının %51.4 – 55.4, yaprak oranlarının %18.8 – 20.5, koçan oranlarının %24.5-28.7, yeşil ot verimleri 6.4-10.2 t da⁻¹, kuru ot verimleri ise 1.6-2.6 t da⁻¹ arasında değiştiği, çeşitler arasında en yüksek yeşil ot veriminin ikinci ekim zamanında (05 Temmuz) OSSK644 çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir (Karadeniz ve Saruhan, 2021b).

Bilecik ili ekolojik koşullarında ikinci ürün olarak ekilen 22 adet farklı hibrit silajlık mısır çeşidi (ADA-9510, ADA-9516, ADA-523, AGA, Arifiye, Kalideas, Keravnos, Kerbanis, Kolessous, Kilowatt, Larigal, Sakarya, Samada-07, Simpatico, SY-Antex, SY-İnove, SY-Gladius, Dragma, Pioneer PR31G98, Pioneer P9027, Dekalp 6308 ve Dekalp 6442) kullanılarak yapılan çalışmada, çeşitlerin silaj verimleri 5665.43 kg da⁻¹ ile 9971.30 kg da⁻¹, Flieg puanı 46.52 ile 98.59, ham protein oranı % 6.45 ile 8.95, nispi yem değeri ise 82.79 ile 137.19 arasında belirlenmiştir (Burgu ve Mut, 2023a).

Brezilya'da mısır silajının verimini ve besin değerini etkileyen faktörleri belirlemek için yapılan çalışmada, 49'u birinci ürün, 25'i ikinci ürün olmak üzere 74 mısır tarlasından örnekler alınmış ve çiftçilerle uygulanan ürün yönetimi uygulamaları hakkında görüşmeler yapılmıştır. Mısır tarlalarında verimi ve besin değerini etkileyen faktörleri belirlemek için yapay sinir ağları kullanılan çalışmada, araştırmacılar tahıl ve sap verimi arasındaki ilişkinin kuru madde yüzdesini, bitki sıklığı ve hasat olgunluğunun ise verimi açıklamak için önemli olduğunu, tane büyüklüğü ve sıra başına tane sayısının genetik özelliklerle bağlantılı olduğunu, hasat olgunluğunun mısırın besin değerini değiştirmede belirleyici olduğunu ve ana ürün olarak yetiştirilen mısırların, ikinci ürün mısırlardan daha fazla verime ve besin değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir (Lima vd., 2022).

Kahramanmaraş ekolojik koşullarında, Doğu Akdeniz Geçiş Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünde (DAGTEM) farklı silajlık mısır çeşitlerinin agronomik özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülen araştırma sonucunda, (Kızılışimşek vd., 2024), bitki boyu, yaprak sayısı, gövde çapı, koçan çapı, koçan sayısı, ilk koçan yüksekliği, yeşil otta yaprak oranı, yeşil otta sap oranı, yeşil otta koçan oranı sırasıyla 244.56-314.22 cm, 12.16-17.92, 20.23-25.79 mm, 32.30-49.59 mm, 1.00-1.17, 85.11-158.80 cm, %13.66, % 41.01-59.29, ve % 23.33-41.80 arasında bulunduğu bildirilmiştir.

2.2. Yemlik Sorgum ve Sorgum-sudanotu Melezi Üretimi

İğdir Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme alanında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı sorgum-sudanotu melezi (Nutri Honey ve Hay Day) ve sorgum çeşitleri (Rox, Early Sumac ve Leoti) ile 1 adet sudanotu (Gözde80) çeşidi kullanılarak yapılan çalışmada, araştırmacılar tarafından materyal olarak kullanılan çeşitlerin bitki boyunun 197.1-299.4 cm, yaş ot veriminin 3148.6-8337.6 kg da⁻¹, kuru ot oranının % 32.0-38.0, kuru ot veriminin 1141.2 - 2658.1 kg da⁻¹, yaprak oranının % 15.7-% 20.0, sap oranının %71.7-78.0, salkım oranının % 7.0-9.3 ve yaprak sayısının 9.5-12.5 arasında değiştiği bildirilmiştir (Keskin vd., 2018).

Kırşehir ekolojik koşullarında, bazı sorgum ve sorgum-sudanotu melez çeşitlerinin (Gözde 80, Sugar Graze ve Greengo) farklı sıra arası mesafelerde 15-30-45 ve 60 cm verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, kuru madde oranı, ham protein oranı, ADF, NDF ve sindirilebilir kuru madde oranları bakımından çeşitler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş, çeşitler ve sıra arası mesafeler ayrı ayrı düşünüldüğünde en yüksek kuru ot ve ham protein veriminin 15 cm sıra aralığında Greengo çeşidinden elde edildiği, sıra arası mesafelerin azalmasına bağlı olarak kuru ot verimi, ham protein verimi ve sindirilebilir kuru madde veriminin arttığı, en yüksek verimlerin en dar sıra aralığından elde edildiğini, sıra aralığının artmasına bağlı olarak ADF ve NDF oranlarının da arttığı, sindirilebilir kuru madde oranının ise azaldığı bildirilmiştir (Budak ve Kır, 2019).

Kırşehir ilinde bazı sorgum (Gözde 80, Early Sumac, Rox) ve sorgum-sudanotu melez çeşitlerinin (Aneto, Greengo, Teide, Sugar Graze, Gardavan, Jumbo) verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, materyal olarak kullanılan çeşitlerin kalite özellikleri bakımından önemli derecede farklılıklar gösterdiği, çeşitlerin kuru madde verimlerinin 1185.3 – 28957.3 kg ha⁻¹, ham protein verimlerinin 8777.5 ve 2799.8 kg ha⁻¹ ve sindirilebilir kuru madde verimlerinin 7396.5 ve 17908.3 kg ha⁻¹, ham protein oranları, ADF, NDF, ADL ve sindirilebilir kuru madde oranlarının sırasıyla % 7.3 - 10.4, % 30.1- 37.4, % 44.6 - 57.2, % 4.2 - 5.6, % 59.7 - 65.5 arasında değiştiği bildirilmiştir (Kır ve Şahan, 2019).

İkinci ürün olarak yetiştirilen sorgum-sudanotu melezi ve sudanotu çeşitlerinde hasat zamanının bazı mineral madde içeriklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla Diyarbakır ilinde yürütülen ve “Sugar Graze-II” ve “Nutri-Honey” sorgum-sudanotu melezi çeşitleri ile “Gözde-80” sudanotu çeşidinin kullanıldığı çalışmada, fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) yönünden ele alınan çeşitler arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Nutri-Honey çeşidinden en yüksek mineral içeriği sonuçlarının elde edildiği (% 0.35 P, % 2.11 K, %

0.56 Ca ve % 0.19 Mg), hasat zamanı geciktikçe bitkilerin içerdiği P, K ve Mg miktarlarının azaldığı, sorgum çeşitlerine ait kaba yemlerin K yönünden hayvanların ihtiyacını karşılamada yeterli düzeyde olduğu ancak P, Ca ve Mg oranlarının yem rasyonlarında olması gereken sınır değerinin altında olduğu, çeşit ve hasat zamanlarına göre K/(Ca+Mg) oranının 1.80-3.72 arasında değiştiği bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından ortalama 2.71 K/(Ca+Mg) oranına sahip olduğu belirlenen sorgum çeşitlerinin, hayvanlarda tetani hastalığı riski taşıdığına dikkat çekilerek sorgum çeşitlerinden elde edilen kuru otun, hayvan beslemede mineral içeriği yüksek yemlerle birlikte kullanılması, tek başına kullanılması durumunda ise yem rasyonlarına P, Ca ve Mg içeren maddelerin ilave edilmesi tavsiye edilmiştir (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2020).

İkinci ürün olarak ekilen dört sorgum-sudanotu melezi çeşidi (Sugar Graze II, Greengo, Nutri Honey, El Rey) kullanılarak, Uşak ili Banaz ilçesinde yürütülen çalışmada, araştırmacılar tarafından çeşitler arasında ham protein oranı hariç, incelenen tüm özellikler bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunduğu, bitki boylarının 198.2 ile 203.5 cm, kuru ot verimlerinin 1177 ile 1314 kg da⁻¹, ham protein oranlarının % 7.07 ile 7.84, ham protein verimlerinin 83.17 ile 102.9 kg da⁻¹, ADF oranlarının % 35.86 ile 40.15, NDF oranlarının % 56.11 ile 58.12, toplam sindirilebilir besin maddesi oranının % 49.52 ile 55.05 ve nispi yem değerinin 92.20 ile 101.05 arasında değiştiği bildirilmiştir (Bilen ve Türk, 2021).

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı silajlık sorgum çeşitlerinin (Roxy, Jumbo, Digestivo, Fito15280 ve Fito26250) verimleri ve tarımsal özellikleri ile silaj kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, ele alınan tüm parametrelere ait verilerin istatistiki olarak önemli bulunduğu, bitki boyunun 215.0 - 281.7 cm, kuru madde veriminin 963.8 -1661.5 kg da⁻¹, ham protein oranlarının % 13.0-8.3, yaş ot verimlerinin 7273.8-4653.3 kg da⁻¹, ADF ve NDF oranlarının sırasıyla % 36.4 - 47.1 ve % 60.0 - 71.4 arasında değiştiği bildirilmiştir (Göçer ve Karadağ, 2022).

Sorgum-Sudanotu Melezinin su-verim ilişkilerini belirlemek amacıyla, sekiz farklı sulama uygulaması yapılarak, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yürütülen çalışmada, araştırmacılar tarafından, en yüksek yeşil ot veriminin, sırasıyla tüm biçme işlemlerinden sonra sulama yapılan (5.03 t da⁻¹) ve ilk iki biçme işleminden sonra sulama yapılan uygulamalardan (5.02 t da⁻¹) alındığı, bu sonuçlara göre ilk iki biçmeden sonra sulama yapılmasının yeterli olacağı, üçüncü biçmeden sonra sulamaya gerek olmadığı, hiç sulama yapılmayan uygulamanın üçüncü biçme dönemlerinde hasat büyüklüğüne ulaşamadığı, mevsimsel evapotranspirasyon ile yeşil ot verimi arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemli bulunduğu bildirilmiştir (Moray ve İstanbulluoğlu, 2022).

Şeker sorgum ve sorgum-sudanotu melezi çeşitlerinin (Nutri Honey, Nutrima, M81-E ve Topper-76) farklı biçim yüksekliklerine bağlı olarak yaprak ve sapların mineral element içeriklerini belirlemek amacıyla, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma alanında yürütülen çalışmada, 30 cm yükseklikte hasat edilen parseller toplamda 5 kez, 60 cm 4 kez, 90 cm 3 kez, 120 cm 3 kez, 150 cm 2 kez ve fizyolojik olum döneminde ise bir kez biçilmiş, elde edilen sonuçlara göre; bitkilerde büyümeye bağlı olarak yaprak ve sapların mikromineral (bor, kadmiyum, nikel, kobalt, krom ve kurşun) içeriklerinde düşüşler gerçekleştiği, bu düşüşün büyüme başlangıcından büyüme sonuna kadar hem sap hem de yapraklarda yaklaşık olarak borda % 45-50, kadmiyumda % 70-80, nikelde % 79, kobaltta % 70-75, kromda % 54 ve kurşunda % 54 civarında gerçekleştiği, genel olarak yaprakların mikromineral içeriklerinin sap kısımlarından % 8-50 oranında daha yüksek olduğu, sadece kobalt içeriklerinin sap kısımlarında yapraklardan daha yüksek çıktığı bildirilmiştir (Yıldırım ve Alatürk, 2023).

Bingöl ekolojik koşullarında 10 farklı sorgum-sudanotu melezi çeşidinin (Aneto, Greengo, Jumbo, Master BMR, Nutri Honey, Nutrima, Sugar Graze II, Supergraze 1000, Süper Su 22 ve Tonka) silaj kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, sorgum-sudanotu melezi çeşitleri arasında istatistiki olarak propiyonik asit içeriği açısından $p \leq 0,05$, geriye kalan diğer özellikler açısından ise $p \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuş, sorgum-sudanotu melezi çeşitlerine ait silajların fiziksel puanı 11-20, kuru madde oranı, asetik asit, bütirik asit, laktik asit, propiyonik asit oranları sırasıyla %26.07-36.49, %0.13-0.49, %0.33-1.16, %0.44-1.61, %0.0013-0.0026, sindirilebilir kuru madde oranı %57.93-68.76, kuru madde tüketimi oranı %2.40-3.20, nispi yem değeri 117.26-171.53, ham protein, ADF, NDF, ADL oranları sırasıyla %5.13-8.16, %25.83-39.73, %37.30-50.33, %6.06-13.00, ve pH değerinin 3.45-4.09 arasında olduğu bildirilmiştir (Tutar ve Kökten, 2023).

Eskişehir ilinde bazı sorgum genotiplerinin verim özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, ikinci ürün olarak ekilen materyaller arasında denemede ele alınan tüm özellikler açısından önemli farklılıklar bulunduğu, % 50 çiçeklenme gün sayıları, bitki boyları, gövde çapı, yaprak oranları, gövde oranları, kuru madde oranları ve yeşil ot verimlerinin sırasıyla, 72.0-87.7 gün, 122.7-315.0 cm, 7.9-18.3 mm, % 10.9-22.9, % 77.1-8.6, % 15,6-30,9, 2152.0-5614.1kg da⁻¹ arasında değiştiği, genotip başına ortalama kardeş sayısının ise 2.6 olarak belirlendiği bildirilmiştir (Erkovan ve Afacan, 2024).

2.3. Mısır ve Sorgum Türlerinin Karşılaştırılması

Farre ve Faci (2006), Zaragoza İspanya’da yaptıkları çalışmada; deneme alanında, T1-T6

sulama uygulamalarında sırasıyla 578 mm, 515 mm, 454 mm, 376 mm, 296 mm ve 234 mm sulama suyu uygulamışlar ve sıfır veya az miktarda su açığı bulunan T-1 ve T-2'de nihai toprak üstü biyokütle, tane verimi ve hasat indeksinin (HI) mısırdan sorgumdan daha yüksek, diğer seviyelerde ise sorgumda mısırdan daha yüksek gerçekleştiğini belirlemiştir.

Miron ve diğerlerinin (2007), İsrail'de, iki sorgum silajının (BMR-101 ve FS-5 biyokütle verimini ve besin değerinin, mısır silajıyla karşılaştırması amacıyla yaptıkları çalışmalarında, yem kuru maddesi (DM) veriminin mısır için en yüksek, FS-5 için orta ve BMR için en düşük elde edildiğini, silolamanın, mısır ve FS-5 için orta düzeyde DM kayıplarına ve BMR için daha yüksek kayıplara neden olduğunu, inek başına isteğe bağlı günlük öğün sayısının, FS-5 ile beslenen grupta BMR ve mısır gruplarına göre daha yüksek olduğunu, yem tüketimi oranı ve günlük yeme süresinin üç uygulamada da benzer olduğunu, mısır bazlı yem ile beslenen ineklerin süt verimi FS-5 grubuna göre daha yüksek iken BMR grubununki orta düzeyde (sırasıyla 42.1'e karşı 40.7 ve 41.4 kg/gün) gerçekleştiğini, sorgum ile beslenen iki grup daha yüksek süt yağı üretimine sahipken, mısır silajı TMR ile beslenen grup daha yüksek süt ve süt proteini üretimine ve orta düzeyde süt yağı verimine ve içeriğine, en düşük vücut ağırlığı kaybına sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Schittenhelm ve Schroetter (2014), 2008 ila 2010 yılları arasındaki büyüme dönemlerinde Braunschweig, Almanya'da farklı seviyelerde bitki mevcut toprak suyu (PASW) ile yaptıkları çalışmalarında, sorgum ve mısırın ürettiği toprak üstü kuru ağırlığının (ADW), iyi sulanan koşullar altında önemsiz derecede farklıyken, şiddetli kuraklık stresi altında mısırın ADW'sini %51, sorgumun %37 oranında azaldığını ve sorgumun mısırdan %27 daha fazla ADW ürettiğini bildirmişlerdir.

Zhang ve diğerleri (2016), Çin'de yaptıkları mısır, yüksek şekerli yem sorgumu ve yem sorgumunun ve her yem türünden yapılan silajların kimyasal bileşimi, mineral profili ve in vitro fermantasyon özelliklerini ölçtükleri çalışmalarında, mısır ürünlerinin, hem sorgum yemlerinden hem de sorgum silajlarından daha yüksek ham protein, nişasta ve eter ekstraktı içeriğine sahip olduğunu, yüksek şekerli sorgum yeminin diğer tüm ürünlerden daha yüksek kül ve suda çözünür karbonhidrat konsantrasyonlarına ve silajının diğer silajlardan daha düşük NDF, ADF ve lignin içeriğine sahip olduğunu ve yüksek şeker içeriğine sahip sorgumun iyi kalitede silaj yapmak için mısır silajının yerini alabileceğini bildirmişlerdir.

Bhattarai ve diğerleri (2020), Amerika Birleşik Devletleri, yarı kurak Teksas yüksek ovalarında, sınırlı sulama koşullarında yemlik sorgum, darı ve mısırın toprak su tükenme modellerini, su kullanım verimliliğini (WUE) ve silaj verimini değerlendirmek için yaptıkları

çalışmalarında, ortalama verim ve su kullanım verimliliği sonuçlarının sorgum çeşitlerinde en yüksek olduğunu, bunu darı ve mısırın izlediğini, sonuçların sınırlı sulama koşulları altında yemlik sorgum ve darı gibi kuraklığa dayanıklı ve derin köklü bitkilerin mısır silajına alternatif olabileceğini bildirmişlerdir.

Keten (2020), Kahramanmaraş koşullarında, ikinci ürün silajlık mısır ve sorgum bitkilerine uygulanan farklı sulama seviyelerinin su-verim ilişkisi, fizyolojik özellikler, yem kalitesi üzerine etkisi ile en yüksek ekonomik getiri sağlayacak sulama seviyelerinin belirlenmesi amacıyla yürüttüğü doktora çalışmasında, silajlık mısırın, uygun yetiştirme koşullarında silajlık sorguma göre verim, kalite ve net gelir açısından daha avantajlı olduğunu ancak özellikle %60 ve daha fazla su kısıtının uygulanmasının zorunlu olduğu durumlarda sorgum bitkisinin yetiştirilmesinin önerilebileceğini bildirmiştir.

Elbashair ve Nidiko (2021), Güney Afrika'da kontrollü ortamda bitkilerde kuraklık stresi oluşturarak yaptıkları çalışmalarında, kuraklık stresinin, mısırın büyümesini önemli ölçüde inhibe ettiğini, reaktif oksijen türlerine, lipid peroksidasyon ve hücre ölümüne neden olduğunu, sorgumun ise kuraklığa yanıt olarak büyüme ve oksidatif stres üzerinde daha az etki gösterdiğini belirlemişler ve mısırdaki enzimatik antioksidanlardaki uyum sağlayıcı tepkilerin, kuraklık stresinin neden olduğu hasarı önlemek için sorguma kıyasla daha yetersiz olduğunu bildirmişlerdir.

Wu ve diğerleri (2021), iki ayrı ırktan toplam 28 kuzu üzerinde yaptıkları besleme denemesinde, mısır silajı diyeti ile beslenen kuzuların büyüme performansının, kas içi yağ içeriğinin ve et rengi parlaklığının sorgum-sudanotu melezi silajı ile beslenen kuzulardan daha yüksek olduğunu, sorgum-sudanotu melezi silajı diyetiyle beslenen kuzuların ise mısır silajı diyeti ile beslenen kuzulardan daha yüksek çoklu doymamış yağ asidi içeriğine sahip olduğu ve et kalitesinin daha yüksek besin değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Gökkuş ve Değirmenci (2023) Kahramanmaraş koşullarında farklı sulama uygulamalarında silajlık mısır ve silajlık sorgumların besin içerikleri ve fiziksel özellikleri inceledikleri çalışmalarında, sulama uygulamasının her iki bitkide de büyüme periyodunun ortasında klorofil içeriği üzerinde bir etkisi olmadığını, hasada doğru klorofil içeriklerinin azaldığını, silajlık mısır ve silajlık sorgum bitki boyu değerleri arasında önemli bir fark görülmediğini, her iki yılın ortalama değerlerinde sorgumda sap çapı değerleri ve yaprak sayısı mısıra göre daha yüksek bulunduğunu, protein içerikleri ADF ve NDF değerleri bakımından mısır ve sorgum arasında önemli bir fark görülmediğini bu sonuçlara göre sorgumun besin kalitesi bakımından mısıra alternatif olabileceği belirtmişlerdir.

Bean ve Marsalis (2024) mısır silajının uzun zamandır süt ürünleri üreticileri tarafından tercih edildiğini, sorguma göre en büyük avantajının, mısırın besin değeri açısından daha tutarlı bir ürün olma eğiliminde olması olduğunu ancak yüksek besin değerine sahip olması için çok miktarda tane üretmesi gerektiğini, kuraklık dönemlerinde mısırdaki tane üretiminin ciddi şekilde sınırlanabileceğini, iyi silaj üretimi için yağış veya sulama eksikliği beklenen bölgelerde sorgumun dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

2.4. Birlikte Ekim Sistemleri ve Karışık Silaj Yapımı

Podkowka ve Podkowka (2011), Polonya’da yaptıkları çalışmalarında, tatlı sorgum silajı, mısır silajı ve sorgum ve mısır (1:1) silajını araştırmak için yaptıkları çalışmalarında, mısır için nisan sonunda sorgum için ise mayıs ortasında ekim yapmış, mısır sorgum karışık ekimin 2+2 sıra şeklinde uygulamışlardır. Kuru madde en düşük (%20.88) sorgum silajında, en yüksek (%37.45) ise mısır silajında olduğunu, sorgum silajında ham kül ve ham lif konsantrasyonu mısır silajına göre daha yüksek, ham protein, ham yağ ve N içermeyen ekstraktiflerin konsantrasyonun daha düşük olduğunu, NDF ve ADF sorgum silajında en yüksek, mısır silajında ise en düşük düzeyde olduğunu, sorgum silajının, mısırdan (74 saat) ve sorgum ve mısırdan 1:1 (69 saat) elde edilen diğer silajlarla karşılaştırıldığında daha yüksek aerobik stabilite (81 saat) gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tan ve diğerleri (2015), 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü’nde laboratuvar koşullarında gerçekleştirdiği çalışmada, ayçiçeği, mısır ve yonca silajlar ve bazı karışım silajları (%75 ayçiçeği + %25 mısır, %50 ayçiçeği + %50 mısır, %25 ayçiçeği + %75 mısır, %75 ayçiçeği + %25 yonca, %50 ayçiçeği + %50 yonca ve %25 ayçiçeği + %75 yonca) ile iki yetiştirme döneminde yürüttüğü çalışmada, Yonca ile karıştırılması NDF, ADF ve CP’de, mısır ile karıştırılması ise DM, pH ve CP’de ayçiçeği silajlarında olumlu etki göstermiştir. Çalışma sonunda geç dönemde %50’den az olmamak kaydıyla mısırla karıştırılan ayçiçeği silajları önerilmiştir.

Alaca ve Özaslan Parlak (2017), Çanakkale şartlarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, mısır ve sorgum-sudanotu melezinin, soya fasulyesi, börülce, guar ile yalın ve ikili karışımlarının verim ve kalitesini karşılaştırmış, en yüksek silaj veriminin yalın ekilen mısırdan (9700 kg da⁻¹) en düşük verim ise yalın ekilen guardan (462 kg da⁻¹) alındığını, sorgumun yalın ekimi ile mısır ve sorgumun ikili karışımlarındaki silaj verimlerinin aynı istatistiksel grupta yer aldığını, en düşük verimlerin ise yalın ekilen baklagillerden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Samarappuli ve Berti (2018), Yemlik sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ve yemlik sorgum-mısır birlikte ekiminin yem ve biyogaz üretiminde mısıra uygun bir alternatif olup

olmadığını belirlemek, karışık ekim sistemlerinin çevresel etkilerini değerlendirmek ve bunların etkilerini geleneksel tek ürün rotasyonları ile karşılaştırmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında, dört yalın, dört sıra arası birlikte ekilmiş mısır-sorgum ve dört sıra içinde birlikte ekilmiş mısır-sorgum sistemi kullanmışlar ve BMR olmayan yem sorgumu yalın ekiminin, mısır yalın ekimi ve mısır-yem sorgum karışık ekimlerine kıyasla benzer veya daha yüksek biyokütle verimi ürettiğini, yemlik sorgum yalın ekimi ile karışık ekimler sonucu üretilen biyogaz verimi ve yem kalitesinin yalın mısır ile benzer olduğunu, yemlik sorgumun, kısmen de olsa yem veya biyogaz için hammadde olarak silajlık mısırın yerini alabileceğini, yemlik sorgum ve yemlik sorgum-mısır birlikte ekim sistemlerinin, değerlendirilen tüm kategorilerde mısıra kıyasla daha düşük çevresel etkiye sahip olduğunu bildirmişler ve sonuç olarak, yemlik sorgum mısır karışık ekiminin, mısır silajına veya biyogaz üretimi için hammadde olarak umut verici bir alternatif olduğunu ve yem verimi ve kalitesinden ödün vermeden esnekliği arttırdığını bildirmişlerdir.

Başaran ve diğerleri (2018), Yozgat koşullarında, mürdümük (*Lathyrus sativus L.*) ve tahıl ikili karışımlarının silajlık verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, tahıl olarak yulaf (*Avena sativa L.*) ve arpa (*Hordeum vulgare L.*) kullanılmışlar ve mürdümük-tahıl karışık ekiminin, tek ekime göre silaj verimini artırdığını ve arpanın hem yalın hem de karışık ekimde yulaftan daha yüksek performans gösterdiğini ve verim ile kalitenin birlikte değerlendirilmesi sonucunda 60:40 tohum oranında mürdümük ile arpanın birlikte ekiminin uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Kızıl Aydemir (2018), Bilecik koşullarında yalın ve farklı karışık ekim oranlarında kullanılan soya fasulyesinin ve mısırın bitkisel özellikleri ile yem verimlerinin incelenmesi için mısır bitkisinin ekim normunu azaltmadan %30, %50 ve %70 soya fasulyesi eklemek sureti ile yürüttüğü çalışmasında, mısırdaki en yüksek bitki boy uzunluğu, yaprak ve sap oranı, ham protein oranı, ham protein verimi ve toplam kuru madde verimi ile en düşük ADF ve NDF oranlarının mısır+%70 soya fasulyesi ekim oranından elde edilmiş ve bu ekim normunun uygunluğunu bildirmiştir.

Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü-Hacı Ali lokasyonunda 14 mısır çeşidi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, mısır çeşitlerinin bitki özellikleri, kuru ot ve silaj kalitesi bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiği, ortalama bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak oranı, sap çapı, koçan sayısı, gövde oranı, koçan oranı ve yeşil ot veriminin sırasıyla 249.9 cm, 12.97, %19.24, 22.08 mm, 0.93, %38.40 ve 4251.57 kg da⁻¹ olarak bulunduğu, kuru otta yapılan analizlerde, ortalama ham protein içeriğinin % 8.80, ADF oranı, NDF oranı, ham kül içeriği, sindirilebilir kuru madde oranı, ham protein verimi, kuru madde oranı, kuru madde verimi ve kuru ot veriminin ise sırasıyla %34.91, %59.7, %7.2, %61.7, 993.9 kg ha⁻¹, %29.4,

11640 kg ha⁻¹ ve 12570 kg ha⁻¹ olduğunu, çeşitlerin silajlarında ortalama ham protein içeriğinin %8.22, ADF oranı, NDF oranı, pH, sindirilebilir kuru madde oranı, kuru madde oranı, ham protein verimi ve Flieg puanının sırasıyla %29.27, %50.48, %3.57, %66.1, %28.14, 926 kg ha⁻¹ ve 118.35 olarak belirlendiği bildirilmiştir (Korkmaz vd., 2019)

Mut ve diğerleri (2020a), Bilecik koşullarında koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.) ile İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) karışımlarının (% 100:0, 80:20, 60:40 ve 20:80) silaj kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri çalışmalarında koca fiğ ile İtalyan çiminin 60+40 karışımı diğer işlemlere oranla daha iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir.

Rezende ve diğerleri (2020), Brezilyada monokültür ve mısır ve sorgum hibritlerinin birlikte ekiminden oluşan yedi uygulamayla yürüttükleri çalışmada, sorgum Agri 001 ve mısır Agri 320 monokültürünün yanı sıra, mısır Agri 320, Agri 340 ve Agri 104'ün sorgum Agri 001 ile birlikte ekimi en yüksek biyokütle verimine sahip olduğunu, sorgum ile birlikte yetiştirilen mısır melezlerinin, silajlarda daha iyi bir fermantasyon düzenine yol açarak amonyak konsantrasyonlarını azalttığını, bununla birlikte, sorgumun NDF içeriğinin yüksek ve TDN içeriğinin düşük olması nedeniyle, karışık ekim silajların besin değerleri genellikle yalnızca mısırdan oluşturulduğu duruma göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Song ve diğerleri (2021), çeltik tarlalarında farklı baklagiller ile sorgum-sudanotu melezinin birlikte ekimi ile büyüme özelliklerini, yem verimliliğini ve yem değerini araştırdıkları çalışmalarında birlikte ekim için lablab, börülce, sesbanya ve iki soya fasulyesi çeşidi dört ayrı birlikte ekim sistemi uygulanarak kullanılmış ve sorgum-sudanotu melezinin beş farklı yalın ekimi ile karşılaştırmışlardır. Değerlendirmelerinde ekilen baklagiller arasında lablabın en yüksek NDF ve ADF içeriğine ve börülcenin ise en yüksek ham protein içeriğine sahip olduğunu, sonuç olarak sorgum-sudanotu melezini çeltik tarlalarında baklagillerle birlikte yetiştirmenin, istikrarlı yem üretkenliğini sürdürmek için umut verici bir yetiştirme tekniği olabileceği bildirmişlerdir.

Weng ve diğerleri (2021), Çin'in Hebei eyaletinin kuzeybatısındaki silajlık mısırın verim, kalite ve toprak mikrobiyal topluluğu üzerindeki etkilerini mısır/soya fasulyesi birlikte ekim modeli ile karşılaştırmak için yaptıkları çalışmalarında; optimum karışım olarak belirlenen 2:1 karışık ekiminde silajlık mısır verimi 68.53 t·ha⁻¹, ham protein ve nişasta içeriği, yalın mısır ekiminden sırasıyla % 0.5 ve % 3.2 daha yüksek gerçekleşmiş ve bir ton kuru madde başına üretilebilecek süt ağırlığı 1539 kg·t⁻¹ düzeyine ulaştığını bildirmişlerdir.

Zaeem ve diğerleri (2021) Kanada'da yaptıkları ve mısır-soya fasulyesi birlikte ekiminin, kaba yemlerin besin kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında birlikte

ekimin silajlık mısır yalın ekimine kıyasla ham proteini (%22) önemli ölçüde arttırdığını, ADF (%14) ve NDF (%6) oranlarını azalttığını, yem net enerjisi, toplam sindirilebilir besin maddeleri, kül, kuru madde alımı, sindirilebilir kuru madde, omega 3 yağ asidi içeriğini ve bağıl yem değerlerini arttırdığını belirlemişler, yalın mısırdan elde edilen silajın ise makro ve mikro besin içeriği bakımından daha zengin olduğunu bildirmişlerdir.

Bolson ve diğerleri (2022), Brezilyada yaptıkları çalışmalarında; mısır ve soya fasulyesinin birlikte ekimini, yalın soya fasulyesi ve yalın mısır ile silaj kalitesi ve verimi bakımından karşılaştırmışlar, mısır ve soya fasulyesinin birlikte ekilmesinin ham protein içeriğini artırdığını ancak daha yüksek silaj sindirilebilirliği veya daha yüksek aerobik stabilite ile sonuçlanmadığını ve her iki ürün verimliliğini de azalttığını bildirmişlerdir.

Yücel ve Akkaya (2022), Çukurova koşullarında yetiştirilen mısır (*Zea mays L.*) ve soya fasulyesinin (*Glycine max L.*) farklı karışım oranları ve biçim dönemlerinde yapılan silajların fermantasyon özelliklerinin saptanması için yaptıkları çalışmalarında yalın soya fasulyesinin ham kül, pH, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit bakımından yalın mısır ve karışımlara göre daha yüksek; kuru madde, laktik asit ve etil alkol bakımından saf mısır ve karışımlara göre daha düşük değerlere sahip olduğunu ve karışımların ise fermantasyon özellikleri bakımından mısıra eşdeğer olduğunu bildirmişlerdir.

Uher ve diğerleri (2022), yem verimi ve kalitesi açısından en iyi birlikte ekim sistemini belirlemek için Hırvatistan'da yürüttükleri çalışmalarında farklı ekim yoğunluklarında birlikte ekilen sorgum (*Sorghum bicolor L.*) ve sırık fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) ile yalın sorgum ekimi karşılaştırmıştır. En yüksek kuru madde verimi hektarda 250000 sorgum popülasyonu ve hektarda 100000 tırmanıcı fasulye popülasyonundan oluşan karışık ekim sisteminden (22.1 t ha⁻¹), en düşük kuru madde verimi ise yalın sorgum ekiminden (18.4 t ha⁻¹) elde edildiğini ve tüm karışık ekimlerden yalın sorguma kıyasla kuru maddede daha yüksek ham protein değerlerinin belirlendiğini bildirmişlerdir.

Ertekin ve Yılmaz (2022), Akdeniz koşullarında 2. ürün sezonunda farklı yetiştirme sistemleri ile ikili karışım olarak yetiştirilen tatlı sorgum ve maş fasulyesinde ekim desenlerinin yem verimine ve kalitesine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, her iki bitkinin sırasında bir metrede 14 bitkinin bulunduğu dar sıra ekim desenine sahip karışık ekimin en iyi sonuçları verdiğini, Akdeniz iklim koşullarının hakim olduğu bölgelerde özellikle maş fasulyesi ve tatlı sorgum için verimli ve kaliteli bir ara ekim sisteminin ikinci ürün koşullarında gerçekleştirilebileceği sonucunu bildirmişlerdir.

Ertekin ve Can (2023), kuraklığa birçok yem bitkisinden daha dayanıklı olan ayçiçeği

çeşidinin silajlık mısır, tatlı mısır ve tatlı sorgum ile farklı karışım oranlarında silolama yeteneği, fermantasyon kalitesi ve besin değerinin araştırılması amacı ile Hatay koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, bitki türlerini ayrı parsellerde eş zamanlı olarak yetiştirmiş, saf silajların yanı sıra %25+%75, %50+%50 ve %75+%25 karışım silajlar da 3 tekerrürlü olarak yapılmış, çalışma sonucunda silaj materyali olarak kullanılan %50+%50 ayçiçeği çeşidinin mısır, tatlı mısır ve tatlı sorgum ile karıştırılması silaj fermantasyon kalitesini saf ayçiçeği silajına göre arttırdığını bildirmişlerdir.

2.5. İklim Değişikliği ve Tarımsal Üretimin Çevresel Etkileri

Eren (2011), doktora tez çalışmasında iki yıl süre ile yapmış olduğu tatlı sorgum deneme üretiminden aldığı veriler ile yaşam döngüsü değerlendirmesini yapmış, çalışma sonucunda, biyokütlenin önemli ölçüde çevresel yük oluşturduğu, bunun yanında tatlı sorgum yetiştirilmesinin, en fazla yerel etkiye sebep olduğu (% 80.02), küresel etkinin % 14.04 ve bölgesel etkinin ise % 5.94 düzeyinde gerçekleştiğini bildirmiştir.

Getachew ve diğerleri (2016), iklim değişikliğinin tarımsal verimliliği etkilediğini, artan sıcaklıklar ve değişen yağış düzenleri, tarımsal alanda mahsulün su ihtiyacını, su mevcudiyetini, mahsul verimliliğini ve suya erişim maliyetlerini değiştireceğini, daha düşük su gereksinimlerine sahip, daha yüksek verim veya birim su başına organik madde içeren alternatif mahsullerin araştırılmasının, tarımsal sürdürülebilirlik açısından önemli olduğunu, yemlik sorgumun mısırla karşılaştırılabilir bir verim üretebilmesi, sorgumun su temininin sınırlı olduğu bölgelerde mısırın yerini alma potansiyeli olduğunu düşündüğünü, süt sığırı diyetlerinde mısır silajının bir kısmının yerine sorgum silajı için kullanılacak stratejiler hakkında da araştırmalar yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Tigchelaar ve diğerleri (2018), Dünyada en fazla mısır üretimine sahip dört ülke olan Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Brezilya ve Arjantin için yaptıkları çalışmalarında, ortalama toplam üretimin sırasıyla 2 °C küresel ısınma altında %18, %10, %8 ve %12 oranında, 4 °C ısınma altında ise %46, %27, %19 ve %29 oranında düşmesinin öngörülebileceğini belirtmişlerdir.

Sar ve diğerleri (2019), Kütahya, Afyon, Uşak, Denizli, Balıkesir İlleri sınırlarının bir bölümünü kapsayan İç Batı Anadolu Bölümünde yaptıkları çalışmalarında, vejetasyon dönemlerini iklim değişimi senaryolarına (RCP 4.5 ve 8.5) göre yeniden belirlemişler, günlük ortalama sıcaklıkların RCP 4.5 ve 8.5 senaryolarına göre sırasıyla 2.6°C ve 4.8°C arttırıldığını, bu durumda 8 °C üzerindeki gün sayılarının değerlendirildiği vejetasyon sürelerinde RCP 4.5 senaryosuna göre 15-20 gün, 8.5 senaryosuna göre ise 40 günün üzerinde artış öngörüldüğünü ve

iklim değişikliğinin vejetasyon sürelerine etkisinin yüksek rakımlı bölgelerde daha çok hissedileceğini bildirmişlerdir.

Arora (2019), iklim değişikliğinin, artan çölleşmeye ve besin maddesi eksikliği olan toprakların çok yüksek oranda arazi bozulmasına neden olduğunu, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, sera gazı emisyonlarının mevcut durumu ve iklim değişikliği devam ederse, 2100 yılına kadar başlıca tahıl mahsullerinden mısırdaki %20-45, buğdayda %5-50 ve çeltikte %20-30 oranında verim azalması görülebileceğini ifade etmiş ve aşırı iklim olaylarında mahsullere daha fazla dayanıklılık sağlamak için ürün çeşitlerinde değişimin değerlendirilmesi, ekim zamanlarının yeniden planlanması ve karışık ekim gibi yetiştirme tekniklerinin dikkate alınması gerektiğini ifade etmiştir.

Tutar (2021), gerçekleştirdiği doktora tez çalışmasında, biyoenerji amacıyla üretilen sorgum-sudanotu melezi ile dallı darının yaşam döngüsü değerlendirmesini yaparak çevresel yüklerini belirlemiş, incelenen etki kategorilerinden insan zehirlenmesi, tatlı su canlıları ekotoksitesitesi, deniz canlıları ekotoksitesitesi ve kara canlıları ekotoksitesitesi bakımından dallı darı biyokütle üretiminin daha az etki oluşturduğunu, abiyotik bozunma, abiyotik bozunma (fosil yakıtlar), küresel ısınma potansiyeli, ozon tabakasının incilmesi, fotokimyasal oksidasyon, asitleşme ve ötrofikasyon bakımından ise sorgum-sudanotu melezi üretiminin daha az etki oluşturduğunu bildirmiştir.

Gamble ve diğerleri (2021), Amerika Birleşik Devletlerinde yaptıkları çalışmalarında, Mısır silajına olan bağımlılığın artması, süt yemi üretim sistemlerinin karbon dengesini olumsuz yönde etkilediğini, bu sistemler için üretkenlikteki kazanımların topraktan daha çok karbon salınımı pahasına elde edildiğini, silajlık mısırın üretim sisteminin önemli bir bileşeni olmaya devam etmesi durumunda, C dengelerinin nötr seviyesine kadar iyileştirilmesinin olası olmadığını ifade etmişlerdir.

Straffelini ve Tarolli (2023), Kuzeydoğu İtalya'da iklim değişikliği etkilerini analiz ettikleri çalışmaları neticesinde, kurak alanlarda su kaynaklarını güvence altına almanın daha zor olacağını, bunu hedefleyen yönetim planlarının geliştirilmesi, su kaynaklarının daha verimli kullanılması ve yeni senaryoya uygun ürünlerin seçilmesinin teşvik edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Denemede kullanılan bitki materyali

Çalışmada silajlık mısır, sorgum-sudanotu melezi, soya ve ayçiçeği türlerinin bölge için uygun olabilecek çeşitleri bitkisel materyal olarak seçilmiş olup kullanılan çeşitler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Denemede kullanılan çeşitler

Tür	Çeşit	Tescil Eden Kurum
Silajlık Mısır (SM)	Aga	Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü
Sorgum-sudanotu Melezi (SSM)	Aneto	Fito Tohumculuk Anonim Şirketi
Soya Fasulyesi (SF)	Yemsoy	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Ayçiçeği (AY)	P64LP130	Pioneer Tohumculuk Anonim Şirketi

Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilerek tescil edilen “Aga” çeşidi, 320-400 cm arasında boylanabilen, sarı at dişi tane oluşturan, yaprakları dik ve geniş, FAO 720 grubunda yer alan, ortalama 135 gün olgunlaşma süresine sahip geçici bir silajlık mısır çeşididir. Tescil eden kuruluş tarafından çeşidin kuru maddede %8.9 protein içeriği oluşturduğu ve ortalama 7-8 ton da⁻¹ verime sahip olduğu bildirilmiştir (MAEM, 2025).

Fito Tohumculuk Anonim Şirketinin sorgum-sudanotu melezi çeşidi olan “Aneto”, tescil denemelerinde ortalama 10711 kg da⁻¹ verime ulaştığı, kötü çevre şartlarında düşük verim vermesine rağmen şartlar iyileştikçe veriminin en üst seviyelere ulaştığı, salkım oluşturma gün sayısının Kahramanmaraş denemesinde 63, Sakarya denemesinde ise 81 olarak tespit edildiği, yapılan analizler neticesinde % 11 ham protein ve %23.3 ham selüloz içeriğinin belirlendiği bildirilmiştir (TTSM, 2013).

Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilmiş olan silajlık soya fasulyesi “Yemsoy” çeşidinin, yarı dik büyüdüğü, yuvarlak oval ve koyu yeşil renkli yapraklara sahip olduğu, 120-150 cm arasında boylandığı, yeşil ot veriminin 4500-6000 kg da¹, kuru ot veriminin ise 1400-2000 kg da¹ düzeyinde olduğu, kuru otta ham protein oranı % 12-14 olarak belirlenen Yemsoy çeşidi orta geçici bir çeşit olup birinci üründe olgunlaşma süresi 135-140 gün olduğu bildirilmiştir (DATAEM, 2025).

Pionerr Tohumculuk Anonim Şirketi tarafından 2014 yılında Türkiye’de geliştirilen “P64LP130” ayçiçeği çeşidi, 101-112 gün arasında fizyolojik olgunluğa ulaşmakta olup tescil denemelerinde 317.8 kg da¹ ortalama tane verimine ve tanede ortalama % 48.7 yağ oranına ulaştığı rapor edilmiştir (TTSM, 2019).

3.1.2. Araştırma alanı hakkında genel bilgiler

Çalışma, 2023 ve 2024 yıllarında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi arazisinde yürütülmüştür. Denemeler ilk ve ikinci yılda aynı alan içindeki farklı tarlalarda kurulmuş olup araziye ait 08.06.2024 tarihli uydu görüntüsü Şekil 3.2’de, 2023 yılı deneme alanının köşe koordinatları Tablo 3.2’de ve 2024 yılı deneme alanına ait köşe koordinatları Tablo 3.3’de verilmiştir. Araştırma alanının rakımı 298 metredir.



Şekil 3.1. Deneme alanları uydu görüntüsü
(Google Earth., 2024)

Tablo 3.2. 2023 yılı deneme alanı köşe koordinatları listesi

Nokta No	X	Y
1	500049.127	4441943.832
2	500066.474	4441975.922
3	500083.747	4441966.949
4	500066.700	4441934.916

Tablo 3.3. 2024 yılı deneme alanı köşe koordinatları listesi

Nokta No	X	Y
5	500213.456	4441981.388
6	500222.620	4441998.560
7	500254.461	4441981.157
8	500245.350	4441963.684

3.1.3. Araştırma alanı iklim özellikleri

Bilecik ilinin, uzun yıllar iklim verileri (1939-2023) ile çalışmanın yürütüldüğü 2023 ve 2024 yılları vejetasyon dönemlerine ait sıcaklık, yağış ve nispi nem değerleri Bilecik Meteoroloji Müdürlüğünden alınmıştır. Tablo 3.4’de özetlenen verilere göre, denemenin yürütüldüğü 2023 ve 2024 yılları vejetasyon döneminde iklim verilerinin, uzun yıllar ortalamasından bir miktar sapma gösterdiği görülmüştür. Sıcaklık değerleri her iki yılda da uzun yıllar ortalamasının (UYO) üzerinde gerçekleşmiş, uzun yıllar ortalamasına kıyasla 2023 yılında 0.9 °C, 2024 yılında ise 2.2 °C daha sıcak bir vejetasyon dönemi gerçekleşmiştir. Toplam yağış miktarı incelendiğinde, uzun yıllar ortalaması 123.7 mm iken, 2023 yılında bu değerden daha yüksek (155.5 mm), 2024 yılında ise daha düşük (112.4 mm) yağış gerçekleştiği görülebilmektedir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Vejetasyon dönemine ait Bilecik ili uzun yıllar ortalaması ile 2023 ve 2024 yılları iklim verileri

Aylar	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)			Nem (%)		
	UYO	2023	2024	UYO	2023	2024	UYO	2023	2024
Mayıs	16.1	14.6	15.1	47.4	67.6	53.9	64.0	79.3	69.4
Haziran	19.8	19.7	24.5	43.1	59.1	0.0	62.0	71.9	50.3
Temmuz	22.1	23.8	24.8	19.6	28.6	55.9	60.0	55.0	59.1
Ağustos	22.1	25.4	24.2	13.6	0.2	2.6	61.0	56.0	54.4
Ort./Toplam	20.0	20.9	22.2	123.7	155.5	112.4	61.8	65.6	58.3

Deneme alanının yer aldığı Bilecik ilinde 2023 ve 2024 yıllarında gerçekleşen iklim olayları, silajlık mısır ve sorgum-sudanotu melezi bitkilerinin farklı iklim koşullarındaki performanslarının karşılaştırılmasına imkân sağlamıştır.

3.1.4. Araştırma alanı toprak özellikleri

Her iki yılda deneme alanında ekim yapılmadan önce 0-30 cm derinlikten toprak örneği alınarak analiz yapılmış ve elde edilen değerler Tablo 3.5’de verilmiştir. Denemenin birinci yılı olan 2023 yılında deneme alanından alınan toprak numunesinin analizi sonucunda, toprağın killi-tınlı bünyeye sahip ve hafif alkali karakterde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kireçli (% 9.29) ve düşük tuzluluk seviyesinde (% 0.016) olduğu, fosfor içeriği ve potasyum içeriğinin fazla (19.18 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 111 kg da⁻¹ K₂O), organik madde içeriğinin ise orta seviyede (% 2.24) olduğu belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılında ise ilk yılın analiz sonuçları ile bezer şekilde toprağın killi-tınlı bünyeye sahip ve hafif alkali karakterde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte kireçli (% 10.19) ve düşük tuzluluk seviyesinde (% 0.018) olduğu, fosfor içeriği ve potasyum içeriğinin fazla (17.43 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 115 kg da⁻¹ K₂O), organik madde içeriğinin ise orta seviyede (% 2.96) olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	2023		2024	
	Tahlil değeri	Derecesi	Tahlil değeri	Derecesi
Toprak Tekstürü (%)	51.70	Killi tınlı	55.44	Killi tınlı
Toplam Tuz (%)	0.016	Hafif tuzlu	0.018	Hafif tuzlu
pH	8.09	Hafif alkali	8.13	Hafif alkali
Kireç (CaCO ₃ %)	9.29	Orta derece	10.19	Orta derece
Organik Madde (%)	2.24	Orta	2.96	Orta
Fosfor (P ₂ O ₅ kg da ⁻¹)	19.18	Çok Yüksek	17.43	Çok Yüksek
Potasyum (K ₂ O kg da ⁻¹)	111.00	Fazla	115.00	Fazla

3.2. Metot

Tez çalışması kapsamında sorgum-sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) ve silajlık mısırın (*Zea mays* L.) farklı karışım oranları kullanılarak birlikte ekilmesi ile verim, yem kalitesi ve çevresel etkilerine ilişkin sonuçların elde edilmesi, bu sonuçların yalın

sorgum-sudanotu melezi, yalın mısır, her iki ürünün soya fasulyesi ve ayçiçeği ile karışık ekiminden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanması hedeflenmiştir. Bu amaçla 13 araştırma konusu belirlenmiş ve Tablo 3.6'da verilmiştir.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Sıra arası 70 cm, parsel uzunluğu 5 m ve 4 sıra olacak şekilde ekim yapılmış, bloklar arasında 2 m mesafe bırakılmıştır (TTSM, 2018). Böylece denemede parsel alanı 14 m² olarak ayarlanmıştır.

Tablo 3.6. Araştırma konuları

Sıra No	Uygulamalar
1	Yalın silajlık mısır
2	Yalın sorgum-sudanotu melezi
3	Yalın soya fasulyesi
4	Yalın ayçiçeği
5	% 75 silajlık mısır + % 25 sorgum-sudanotu melezi
6	% 50 silajlık mısır + % 50 sorgum-sudanotu melezi
7	% 25 silajlık mısır + % 75 sorgum-sudanotu melezi
8	% 50 silajlık mısır + % 50 soya fasulyesi
9	% 50 sorgum-sudanotu melezi + % 50 soya fasulyesi
10	% 50 silajlık mısır + % 50 soya fasulyesi (Üst gübresiz)
11	% 50 sorgum-sudanotu melezi + % 50 soya fasulyesi (Üst gübresiz)
12	% 50 silajlık mısır + % 50 ayçiçeği
13	% 50 sorgum-sudanotu melezi + % 50 ayçiçeği

3.2.1. Uygulanan tarımsal işlemler

Silajlık mısır için dekara 10.000 bitki (Sigurnjak vd., 2017; Scarlat vd., 2019), sorgum-sudanotu melezi için 3.0 kg da⁻¹ (Prajapati vd., 2017), soya fasulyesi için dekara 50000 bitki (Özel ve Acar, 2020) ve ayçiçeği için dekara 13000 bitki (Toruk vd., 2010) ekim normu esas alınmıştır. Karışık ekim parsellerinde ekilecek tohum miktarı, her tür için birim alana ekilecek miktarın türün karışımdaki oranı ile çarpılması sonucu belirlenmiştir. Ekim işlemi her bitki türü için uygun derinlikte elle açılan sıralara yapılmıştır. Karışım paraselleri ise sıra bazlı olarak, farklı türler farklı ve birbirini takip eden sıralara ekilmiştir.

Deneme alanına ilk yıl 03.05.2023 tarihinde ikinci yıl ise 02.05.2024 tarihinde el ile ekim yapılmıştır. Ekim sırasında dekara 8 kg P₂O₅ gelecek şekilde DAP (diamonyum fosfat;

18-46-0) gübresi uygulanmıştır. Yalın ayçiçeği (TTSM, 2001) ve soyada (TTSM, 2002) dekara 8 kg, diğer parsellerde ise dekara 20 kg olacak şekilde amonyum sülfat gübresi kullanılarak azotlu gübreleme yapılmıştır (TTSM, 2018). Ekimde verilen gübrede bulunan azot miktarı toplam azot dozundan düşülmüş, kalan kısım üst gübre olarak, ilki mısır ve sorgum 40-50 cm, ayçiçeği bitkileri ise 80-100 cm boyda iken diğer kısmı ise bu tarihten bir ay sonra olmak üzere iki parça halinde verilmiştir (TTSM 2018.; Seydoşoğlu ve Cengiz, 2020.; Baran 2024). Deneme alanında bitkilerin su ihtiyacı çıkış döneminde yağmurlama sulama, bitkiler 40-50 cm boya ulaştıktan sonra ise damla sulama yapılarak karşılanmış, yabancı ot mücadelesi fiziksel olarak sürdürülmüştür.

Denemede hasat, yalın ekimler için bitkilerin kendi olgunluk dönemlerinde, birlikte ekimlerde SM olan işlemlerde mısırın hamur olum döneminde, SM olmayan işlemlerde ise SSM hamur olum döneminde gerçekleştirilmiştir. Yalın soya fasulyesi alt baklaları doldurduğunda, yalın ayçiçeği, silajlık mısır ve sorgum-sudanotu melezi ise hamur olum dönemlerine ulaştıklarında hasat olgunluğunda kabul edilmiştir (Yıldız vd., 2010; Başaran vd., 2017; Burgu ve Mut, 2023a; Tutar ve Kökten, 2023).

Her parselden alınan örnekler 2 cm boyutunda parçalandıktan sonra her parselde ait karışımdan 200 gr örnek alınmıştır. İki türün birlikte ekildiği parsellerde bu örnekler, elde edilen ürünlerden türün karışımdaki oranına uygun miktarda biyokütle alınarak karıştırılması ile oluşturulmuştur. Silaj örnekleri vakumlu silaj paketlerine doldurulduktan ve havaları alındıktan sonra makine ile kapatılmış ve 25 ± 2 °C'de 45 gün muhafaza edilmek üzere depolanmıştır (Alaca ve Özaslan Parlak, 2017; Burgu ve Mut, 2023a; Sırakaya, 2024).

3.2.2. Araştırmada incelenen özellikler

3.2.2.1. Agronomik özellikler

Deneme alanında bulunan ürünlerin agronomik özellikleri ölçülürken, kenar tesiri için dıştaki iki sıra değerlendirme dışı bırakılmış, ortadaki iki sıradan rastgele 5 bitki seçilmiş, ölçümleri yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır (TTSM, 2018). Silajlık mısır için araştırmacılar tarafından sıklıkla ele alınan agronomik özellikler olan bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı belirlenerek karşılaştırma için değerlendirmeye alınmıştır (Tanrıku vd., 2020; Yılmaz vd., 2020; Çiftçi vd., 2024; Dönmez vd., 2024).

Bitki boyu (cm)

Araştırmada yer alan türlerde bitki boyu ölçümleri hasat öncesinde, Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü'nün her ürün için yayınladığı tarımsal değerleri ölçme teknik talimatlarına uygun şekilde, toprak seviyesi ile silajlık mısır için tepe püsküllerinin en uçtaki noktası, sorgum-sudanotu için salkımların en uç noktası arasında kalan mesafeler ölçülmüştür (TTSM, 2001; TTSM, 2002; TTSM, 2010; TTSM, 2018).

Gövde Çapı (cm)

Bitkiler hasat olgunluğuna ulaştığında kenar tesiri olarak ayrılan sıralar hariç olmak üzere tesadüfi olarak seçilen 5 bitkinin gövde çapları ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. Silajlık mısır için toprak yüzeyinden itibaren ilk ve ikinci boğum arasından ölçüm yapılmış, sorgum-sudanotu melezi için ölçümün ana gövdelerden alınmasına özen gösterilmiştir.

Yaprak sayısı (adet)

Bitkiler hasat olgunluğuna ulaştığında kenar tesiri olarak ayrılan sıralar hariç olmak üzere tesadüfi olarak seçilen 5 bitkinin yaprak sayıları tespit edilmiş ve ortalaması alınmıştır.

Yeşil ve Kuru ot verimi (kg da⁻¹)

Bitkiler hasat olgunluğuna ulaştığında yeşil ot veriminin tespit edilmesi için parsellerin ortadaki iki sıraları hasat edilmiş ve tartılmıştır. Tartım sonrası kese kağıtlarına alınan yeşil ot örnekleri etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur (Alves vd., 2017; Bilal vd., 2017). Kurutma sonrası, numunelerin kuru ağırlıkları yaş ağırlıklarına oranlanmış, elde edilen değerler yaş ot verimi ile çarpılarak dekara kuru ot verimi hesaplanmıştır (McDonald vd., 2021; Dündar, 2024).

Silaj verimi (kg da⁻¹)

İşlemlerin her parseldeki yeşil ot verimleri belirlenmesinden sonra hasat, silolama ve yemleme aşamalarındaki muhtemel kayıplar dikkate alınarak, yeşil ot veriminin % 25 azaltılması ile silaj verimleri belirlenmiştir (Kutlu vd., 2005).

3.2.2.2. Kuru ot kalitesine ilişkin özellikler

Ham protein verimi (kg da⁻¹)

İşlemlerin ham protein verimleri, denemede elde edilen kuru ot verimlerinin analiz

sonucu belirlenen ham protein oranları (karışımların ham protein oranı türün karışımdaki oranı ile çarpılarak belirlenmiştir) ile çarpılmasıyla tespit edilmiştir (Karadeniz ve Bengisu, 2022).

Asit deterjanda çözünmeyen lif (%)

Asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) sindirilemeyen lif miktarını ifade eder ve yemlerde ADF oranı arttıkça sindirilebilirlik oranı azalmaktadır (Van Soest vd., 1991). Kurutulan örnekler, 1 mm çapındaki elekten geçecek şekilde değirmende öğütülmüş ve ADF analizi IC0904-FE kalibrasyon programı kullanılarak, near infrared reflectance spectroscopy (NIRS -Foss 6500) cihazı ile belirlenmiştir. Karışımlarda, parseldeki farklı türlerin örneklerinde tespit edilen ADF değeri türün karışımdaki oranı ile çarpılarak hesaplamaya dahil edilmiş ve parselden elde edilen yemin ADF değeri hesaplanmıştır.

Nötral deterjanda çözünmeyen lif (%)

Nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) değeri bitki hücre duvarı yapısında bulunan hemiselüloz, selüloz, lignin, kütin ve çözünmeyen proteinlerin toplam miktarını ifade eder. Bu değer genellikle bitkinin gelişmişlik veya olgunluğu ile bağlantılıdır. Yemde NDF oranı düştükçe hayvanların yem tüketimi artar (Van Soest vd., 1991). Çalışmada örneklerin NDF içerikleri C0904-FE kalibrasyon programı kullanılarak, near infrared reflectance spectroscopy (NIRS -Foss 6500) cihazı ile belirlenmiştir. Karışımlarda, parseldeki farklı türlerin örneklerinde tespit edilen NDF değeri türün karışımdaki oranı ile çarpılarak hesaplamaya dahil edilmiş ve parselden elde edilen yemin NDF değeri hesaplanmıştır.

Mineral madde içeriği (%)

Kuru ot örneklerin fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri IC0904-FE kalibrasyon programı kullanılan, near infrared reflectance spectroscopy (NIRS -Foss 6500) cihazı ile belirlenmiştir (Mirza, 2023) Karışımlarda, parseldeki farklı türlerin örneklerinde tespit edilen mineral madde içerikleri, türün karışımdaki oranı ile çarpılarak hesaplamaya dahil edilmiş ve parselden elde edilen yemin mineral madde içeriği hesaplanmıştır.

Kondense Tanen İçeriği (%)

Kurutulmuş ot örnekleri değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Cam tüplere örneklerden 0.01 gr numune alınmış, üzerlerine 6 ml tanen çözeltilisi eklenmiş,

homojenize olması ve çözeltinin tüm numune ile temas etmesinin sağlanması için vortex yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra örnekler bir saat kaynar suda bekletilmiş, kaynar sudan çıkarıldıktan sonra yaklaşık 1 saat buzlu suda hızlı soğumaya tutulmuş ve sonrasında spektrofotometrede 550 nm’de absorbans değerleri okunmuştur. (Bate-Smith,1975). Okuma sonucu elde edilen absorbans değerleri kullanılarak kondense tanen içerikleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Absorbans (550 nm x 156.5 x seyreltme faktörü)/ Kuru ağırlık (\%)}$$

Karışımlarda, parseldeki farklı türlerin örneklerinin analizi ile kondense tanen içeriği belirlenmiş, daha sonra bu değerler türün karışımdaki oranı ile çarpılarak hesaplamaya dahil edilmiş ve parselden elde edilen yemin kondense tanen içeriği hesaplanmıştır.

Nispi yem değeri

Nispi yem değeri (NYD), tam çiçekteki yonca kuru otu içeriğinin (ADF % 41 ve NDF % 53) 100 olarak kabul edildiği, bu noktadan hareketle bu değer altına inildikçe yem değerinin düştüğü, üstüne çıkıldıkça da yem değerinin yükseldiğinin ifade edildiği bir yöntemdir (Kurt vd., 2021). NYD hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir (Van Dyke ve Anderson, 2000).

$$\% \text{ Kuru Madde Sindirilebilirliği (KMS)} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ ADF})$$

$$\% \text{ Kuru Madde Tüketimi (KMT)} = 120 / \text{NDF}$$

$$\text{NYD} = \% \text{ KMS} \times \% \text{ KMT} \times 0.775$$

American Forage and Grassland Council tarafından geliştirilen nispi yem değerine göre yem kalite sınıfları Tablo 3.7’de verilmiştir (Rohweder vd., 1978; Kurt vd., 2021; Temel ve Şahin, 2022).

Tablo 3.7. Nispi yem değerine göre yem kalite standartları

Kalite Standartı	NYD
En İyi Kalite	>151
1	150-125
2	124-103
3	102-87
4	86-75
5	<75

3.2.2.3. Silaj kalitesine ilişkin özellikler

Fiziksel Gözlemler

Tablo 3.8. Silo Yemlerinin Fiziksel Değerlendirme Anahtarı

Fiziksel Özellik	Puan
1.Koku	
Bütirik asit kokusu yok, hafif ekşimsi, aromatik koku	14
İz miktarda bütirik asit, kuvvetli ekşi koku	10
Orta derecede bütirik asit, kızışma ve küf kokusu	4
Kuvvetli bütirik asit kokusu, NH ₃ -kokusu	2
Kuvvetli küf kokusu, NH ₃ ve çürüme	0
2.Dış Görünüş	
Yaprak ve sapların dokusu bozulmamış	4
Yaprakların yapısı biraz bozulmuş	2
Yaprak ve sapların yapısı bozulmuş, küflü ve kirli	1
Yaprak ve sap çürümüş	0
3.Renk	
Silolandığı andaki rengini koruyor (soldurulmuş silajda kahverengi)	2
Renk çok az değişmiş (sarıdan kahverengiye)	1
Renk tamamen değişmiş (küf yeşili)	0

Tablo 3.9. Silajların Fiziksel Kalite Puanlarına Göre Yem Nitelik Sınıflandırması

Kalite Puanı	Kalite Derecesi	Ortalama Besin Maddesi Kaybı (%)
20-18	Pekiyi	10-15
17-14	İyi	15-20
13-10	Orta	20-25
5-9	Değeri Az	25-50
0-4	Kötü	50 ve üzeri

Kaynak: (Yalçınkaya vd., 2012)

Açılan silaj örneklerinde subjektif bir değerlendirme yöntemi ile renk, strüktür ve koku analizleri Alman Tarım Örgütü tarafından hazırlanan ve Tablo 3.8' de verilen değerlendirme kriterlerine göre (DLG, 1987), beş deneyimli panelist ile gerçekleştirilmiştir (Özdemir ve Duru, 2023). Bu kriterlere göre elde edilen değerler Tablo 3.9'a göre silajların fiziksel kalite puanlarına göre yem nitelik sınıflandırmasına göre değerlendirilmiştir (Aykan ve Saruhan, 2018; Yalçınkaya vd., 2012).

Ham protein verimi (kg da⁻¹)

Silaj örneklerinin ham protein verimleri, denemede elde edilen silaj verimlerinin analiz sonucu belirlenen ham protein oranları ile çarpılması ile tespit edilmiştir (Karadeniz ve Bengisu, 2022).

Kuru Madde Analizi ve pH

Açılan silajlardan alınan örnekler yaş olarak tartıldıktan sonra etüve konularak 105 °C derecede 48 saat süreyle kurutulmuş ve kuru örnek ağırlığı yaş örnek ağırlığına oranlanarak kuru madde oranı belirlenmiştir (Anonim, 2021b). Organik asit içeriklerinin belirlenmesi için silaj örnekleri 1:10 oranında safsu ile hazırlanarak pH değerleri dijital pH metre ile ölçülmüştür. Kuru madde oranı ve pH'ları belirlenen silajların aşağıdaki formül yardımıyla Flieg puanları da hesaplanmıştır.

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

Silajların Flieg puanları hesapladıktan sonra, bu puanlara göre silajların kalite sınıfları Tablo 3.10' da verilen değerler esas alınarak tespit edilmiştir (Naumann ve Bassler, 1993).

Tablo 3.10. Flieg Skorları ve Kalite Derecesi

Puan	Kalite
< 20	Kötü
21-40	Düşük
41-60	Orta
61-80	İyi
81-100	Pek iyi

Kaynak : (Naumann ve Bassler, 1993)

Asit deterjanda çözünmeyen lif (%)

Asit deterjanda çözülemeyen lif (ADF) ise sindirilemeyen lif miktarını ifade eder. Bitki hücre duvarı içeriğinde bulunan selüloz, lignin ve çözünmeyen proteinlerin toplam miktarıdır. Yemlerde ADF oranı arttıkça sindirilebilirlik oranı azalmaktadır (Van Soest vd., 1991). Kurutulan silaj örnekleri, 1 mm çapındaki elekten geçecek şekilde değirmende öğütülmüş ve ADF analizi IC0904-FE kalibrasyon programı kullanılan, near infrared reflectance spectroscopy (NIRS -Foss 6500 cihazı ile yapılmıştır.

Nötral deterjanda çözünmeyen lif (%)

Nötral deterjanda çözülemeyen lif (NDF) değeri bitki hücre duvarı yapısında bulunan hemiselüloz, selüloz, lignin, kütin ve çözünmeyen proteinlerin toplam miktarını ifade eder. Bu değer genellikle bitkinin gelişmişlik veya olgunluğu ile bağlantılıdır. Yemde NDF oranı düştükçe hayvanların yem tüketimi artar (Van Soest vd., 1991). Silaj örneklerinde NDF analizi de ADF ile birlikte, kurutulan ve değirmende öğütülen örnekler kullanılarak, IC0904-FE kalibrasyon programı ile near infrared reflectance spectroscopy (NIRS -Foss 6500 cihazı ile yapılmıştır.

Mineral madde içeriği (%)

Silaj örneklerin fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri IC0904-FE kalibrasyon programı kullanılarak near infrared reflectance spectroscopy (NIRS - Foss 6500) cihazı ile belirlenmiştir (Mirza, 2023)

Kondense Tanen İçeriği (%)

Kurutulmuş ot örnekleri değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Cam tüplere örneklerden 0.01 gr numune alınmış, üzerlerine 6 ml tanen çözeltisi eklenmiş, homojenize olması ve çözeltinin tüm numune ile temas etmesinin sağlanması için vortex yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra örnekler bir saat kaynar suda bekletilmiş, kaynar sudan çıkarıldıktan sonra yaklaşık 1 saat buzlu suda hızlı soğumaya tutulmuş ve sonrasında spektrofotometrede 550 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. (Bate-Smith,1975). Okuma sonucu elde edilen absorbans değerleri kullanılarak kondense tanen içerikleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

Absorbans (550 nm x 156.5 x seyreltme faktörü)/ Kuru ağırlık (%)

Laktik Asit, Asetik Asit ve Bütirik Asit Analizi

Fermantasyon dönemi sonrasında açılan silajlardan 20 g örnek alınarak üzerine 100 ml saf su ilave edilmiş ve blender yardımı ile iyice karıştırılarak filtre kâğıdından süzülmüştür. Laktik asit, asetik asit ve bütirik asit analizleri 40 °C sıcaklıkta HPLC yöntemine göre yapılmıştır (Canale vd., 1984). Yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) cihazı (Shimadzu, Kyoto, Japonya, kılcal sütun 5µm×4.6 mm×250 mm, Japon) kullanılmıştır. Yapılan analizde örneklerde bütirik asit belirlenmediği için tezde verilmemiştir.

Nispi yem değeri

Nispi yem değeri (NYD), tam çiçekteki yonca kuru otu içeriğinin (ADF % 41 ve NDF % 53) 100 olarak kabul edildiği, bu noktadan hareketle, bu değer altına inildikçe yem değerinin düştüğü, üstüne çıkıldıkça da yem değerinin yükseldiğinin ifade edildiği bir yöntemdir (Kurt vd., 2021).

NYD hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir (Van Dyke ve Anderson, 2000).

$$\% \text{ Kuru Madde Sindirilebilirliği (KMS)} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ ADF})$$

$$\% \text{ Kuru Madde Tüketimi (KMT)} = 120 / \text{NDF}$$

$$\text{NYD} = \% \text{ KMS} \times \% \text{ KMT} \times 0.775$$

Rohveder ve diğerleri (1978) tarafından geliştirilen nispi yem değerine göre yem kalite sınıfları Tablo 3.7’de verilmiştir (Kurt vd., 2021; Temel ve Şahin, 2022).

3.2.3. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Çalışmadaki tüm istatistiksel analizler R yazılım ortamında gerçekleştirilmiştir (R Core Team, 2020). İlk olarak elde edilen sonuçlar tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuş, işlemler arasındaki farklılıklar Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile agricolae paketi kullanılarak belirlenmiştir (Tukey, 1949; De Mendiburu ve Yaseen, 2020). Yılxİşlem interaksyonu önemli çıkan işlemlerin sonuçları, her özelliğın altında çubuk grafiğı olarak verilmiştir.

Bununla birlikte ölçülen veya analiz edilen özelliklerin işlemler bazında değışkenliğini değerlendirmek için istatistikçi J.W. Tukey tarafından geliştirilen, aritmetik ortalamaların yanısıra elde edilen değerlerin dağılımının da gösterilmesini sağlayan kutu grafiğı analizi (box plot analizi) yapılmış (Tukey, 1970; McGill vd., 1978), grafiksel çalışma için R ortamında ggplot2 paketi kullanılmıştır (Wickham, 2016).

3.2.4.2. Veri ve kabuller

Yaşam döngüsü modellemesi yapılırken, verim, tohum ve gübre sarfiyatı, akaryakıt tüketimi, toprak işleme, hasat vb. gibi tarımsal uygulamalarda alet makina kullanımı ve işlem süreleri gibi temel veriler, denemenin yürütüldüğü her iki yılda tutulan kayıtlardan elde edilmiştir.

Tablo 3.11. Nakliye ve ulaşım verileri

Girdi türü	Mesafe (km)
Akaryakıt temini	400
S.Mısır	100
Soya	730
Tohum temini	500
S. Sudanotu	730
Ayçiçeği	160
Gübre temini	500
Sulama ekipmanları temini	10
İşçilerin ulaşımı	1
İşletme içi nakliye ve ulaşım	

Kullanılan girdilerin yurt içinden temin edildiği değerlendirilerek işletmeye nakliyesi için karayolunun kullanıldığı kabul edilmiş, girdilerin üretiminin/dağıtımının yapıldığı tesislerden işletmeye olan uzaklık tespit edilmiş ve bunun sonucunda yaşam döngüsü değerlendirmesinde Tablo 3.11’de görülen nakliye mesafeleri esas alınmıştır.

3.2.4.3. Etki analizi

Yaşam döngüsü değerlendirmesi için LCA for Experts v.10.9.1.17 yazılımı ve Ecoinvent 3.11 veri tabanı kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan LCA for Experts programı, Sphera firması tarafından geliştirilmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin yanısıra sera gazı emisyonlarının hesaplanması, çevresel raporların hazırlanması, ürünlerin karbon ayak izinin belirlenmesi ve üretim sürecindeki karbon açıklarının tespit edilmesi konularında çözümler sunmaktadır. Söz konusu yazılım, yaşam döngüsü değerlendirmesi uygulamalarında, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca gerçekleşen verilerin sürdürülebilirlik analizinde kullanılabilmesi için model oluşturulması ve çevresel etkilerin hesaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Bu sayede üretim süreçlerinin veriye dayalı olarak yönetilmesine katkı sağlamaktadır (Sphera, 2025).

Ecoinvent 3.11 veritabanı, İsviçrede ETH, EPFL, Empa, Agroscope ve Paul Scherrer Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen ortak bir çalışmanın ürünüdür. Veritabanının ilk sürümü 2003 yılında yayınlanmıştır. 2007 yılında 2. sürümün yayınlanmasından itibaren ecoinvent'i küresel çapta en yaygın kullanılan LCI veritabanı haline gelmiştir. 2013 yılında yayınlanan 3. sürüm, küresel kullanım için teknolojik ve metodolojik temeli geliştirmeyi, bölgeselleştirilmiş verileri desteklemeyi ve farklı bölgeler arasında tutarlılığı sağlamayı amaçlamıştır. Ecoinvent, 2013 yılında bağımsız, kâr amacı gütmeyen bir dernek haline gelerek, LCA topluluğu için şeffaf ve güvenilir bir veritabanının geliştirilmesi çalışmalarını sürdürmüştür (Ecoinvent, 2025).

3.2.4.4. Saha emisyonları

Üretim sırasında kullanılan gübrelerden kaynaklanan Nitröz Oksit (N_2O) emisyonlarının hesaplanması için doğrudan ve dolaylı oluşan emisyonlar belirlenmiştir. Bunun için IPCC tarafından oluşturulan metodoloji esas alınmış ve aşağıdaki denklemler kullanılmıştır (Durlinger vd., 2017; IPCC, 2019; Dedina vd., 2024).

$$\text{Toplam } N_2O - N = N_2O_{\text{doğrudan}} - N + N_2O_{\text{dolaylı}} - N$$

$$N_2O_{\text{doğrudan}} - N = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1]$$

$$N_2O_{\text{dolaylı}} - N = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}) \times EF_4] + [(F_{SN} + F_{CR} \times \text{Frac}_{LEACH}) \times EF_5]$$

Denklemlerde F_{SN} , toprağa uygulanan suni gübre kaynaklı N miktarı (kg), F_{CR} tarlada kalan ürün artıklarındaki N miktarı, F_{ON} çiftlik gübresi, yeşil gübre ve kompost gibi organik kaynaklı gübreler ile verilen N miktarı ve F_{SOM} ise arazi kullanım değişiminde ortaya çıkan ve toprak organik maddesinden kaynaklanan N miktarıdır. Denemede bu ürünlerden herhangi biri kullanılmadığından F_{ON} ve arazi deneme öncesinde de tarla olarak kullanıldığından F_{SOM} sıfır kabul edilmiştir. Eşitliklerde yer alan Frac_{GASF} , Frac_{LEACH} , EF_1 , EF_4 ve EF_5 için IPCC (2019), tarafından verilen (güncellenmiş Tablo 11.3) ön tanımlı değerler kullanılmıştır.

$$F_{CR} = AGR \times N_{AG} \times [1 - \text{Frac}_{\text{remove}} - (\text{Frac}_{\text{burnt}} \times C_f)] + [(BRG \times N_{BG})]$$

N_{AG} bitkilerinin yer üstü aksamındaki N içeriği ve N_{BG} bitkilerin yer altı aksamında bulunan N içeriği olup her iki değer için IPCC tarafından ilgili kaynakta (yeni Tablo 11.1A) verilen varsayılan değerler kullanılmıştır (IPCC, 2019). Tabloda ayçiçeği için verilen değer bulunmadığından bu ürün için de mısır için verilen değer esas alınmıştır.

AGR tarlada kalan toprak üstü bitki kalıntılarını ve BRG ise toprak altı bitki kalıntılarını

ifade etmektedir. Yem bitkisi yetiştiriciliğinde bitkilerin tamamı hasat edildiğinden ve toprak üstü bitki kalıntısının ihmal edilebilecek düzeyde düşük olduğu değerlendirildiğinden AGR sıfır kabul edilmiştir. $Frac_{remove}$ yıllık olarak altlık, inşaat ve yem gibi amaçlarla uzaklaştırılan bitki kalıntılarını, $Frac_{burnt}$ ise yakılan toprak üstü biyokütleyi ifade etmektedir. Her iki değer de çalışmada tüm toprak üstü biyokütle hasat edildiğinden, başka amaçlarla uzaklaştırılan veya yakılan biyokütle bulunmadığından sıfır kabul edilmiştir (IPCC, 2019; Dedina vd., 2024).

Amonyak (NH_3) emisyonları aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır. Organik kökenli gübre kullanılmadığından F_{ON} ve otlatma yapılmadığından F_{PRP} sıfır kabul edilmiş, $Frac_{GASF}$ değeri IPCC verilerinden alınmıştır (IPCC, 2019).

$$NH_3-N = (F_{SN} \times Frac_{GASF}) + (F_{ON} + F_{PRP}) \times Frac_{GASM}$$

Nitrat (NO_3) emisyonları, SQCB- NO_3 modeline uygun olarak (Emenger vd., 2009; Nemecek ve Schnetzer, 2011), nitrojen oksit (NO_x) emisyonları ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Froberg, 2022). Eşitlikte yer alan NH_3 , bir önceki adımda hesaplanan amonyak emisyonu değeri olup hesaplamada NH_3 formunda uzaklaşan kısmı uygulanan mineral gübre miktarından düşülmektedir.

$$NO_x = 0.012 \times (N_{min} - NH_3)$$

Yer altı sularına ve yüzey sularına ulaşan fosfat emisyonlarının hesaplanması için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır. Yer altı sularına fosfat emisyonunun hesaplandığı ilk eşitlikte P_{gwl} değeri arazi kullanımına yönelik bir katsayı olup işlenen tarım alanları için standart değer olan 0,07 kg alınmıştır. F_{gw} ise bulamaç hayvan gübresine ait bir düzeltme katsayısı olduğundan ve çalışmada bulamaç gübre kullanılmadığından dikkate alınmamıştır. Yüzey sularına fosfat emisyonunun hesaplandığı ikinci eşitlikte ise P_{rol} arazi kullanımına bağlı bir katsayısı olup işlenen alanlar için 0.175 kg P/ (ha*a) alınmış, F_{ro} değeri ise çalışmada çiftlik gübresi kullanılmadığından $F_{ro} = 1 + 0.2/80 * P_{2O_{5min}}$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır (Nemecek ve Schnetzer, 2011).

$$P_{gw} = P_{gwl} \times F_{gw}$$

$$P_{ro} = P_{rol} \times F_{ro}$$

Su erozyonu yolu ile yüzey sularına oluşan emisyonun hesaplanmasında ise aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır (Nemecek ve Schnetzer, 2011). Eşitlikteki P_{cs} üst topraktaki fosfor

miktarını ifade etmekte olup hesaplamada ortalama değer olan 0.00095 kg P/kg_{toprak}, sürüklenen toprağın nehirlere ulaşan bölümünü ifade etmek için kullanılan değer olan F_{erw} için ise 0,2 katsayısı kullanılmıştır. Erozyona uğrayan toprağın, üst toprağın daha fazla fosfor içeren kısmı olduğu savına dayanan zenginleştirme faktörü (Fr) olarak 1,86 değeri (Wilke ve Schaub 1996) kullanılmıştır. Eşitlikte kullanılan erozyona uğrayan toprak miktarı (S_{er}) değeri olarak ise Ezer (2019), tarafından Marmara Bölgesi'nde 1989 - 2017 yılları arasındaki zaman aralığında ortalama toprak kaybı olarak belirlenen miktar (12200 kg.ha⁻¹) esas alınmıştır.

$$P_{er} = S_{er} \times P_{cs} \times Fr \times F_{erw}$$

3.2.4.5. Üretim sırasında oluşan ağır metal emisyonları

Üretim sırasında toprağa, yüzey sularına ve yer altı sularına oluşan ağır metal emisyonu miktarının belirlenmesi için Nemecek ve Schnetzer (2011) tarafından önerilen yöntem temel alınmıştır.

Arazide başka aktiviteler ve çevresel etmenler de ağır metal emisyonları oluşturduğundan, oluşan ağır metal emisyonunun tamamı tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmamaktadır. Bu nedenle hesaplamalarda bir tahsis faktörü kullanılması gerekmekte olup bu değer (A_i) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Durlinger vd., 2017). M_{deposition} ağır metal birikimi nedeniyle oluşan girdi olup hesaplamalarda Tablo 3.12'de verilen birim değerler kullanılmıştır (Nemecek ve Schnetzer, 2011).

$$A_i = M_{agro\ i} / (M_{agro\ i} + M_{deposition\ i})$$

Tablo 3.12. Ağır metal birikimi nedeniyle oluşan yıllık girdi (mg.ha⁻¹)

	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg	Hg
M _{deposition i}	700	2400	90400	18700	5475	3650	50

Eşitlikteki M_{agro i} değeri ise gübreler, pestisitler ve tohumlar gibi tarımsal girdiler ile araziye taşınan ağır metal miktarıdır. Çalışmada pestisit ve çiftlik gübresi kullanılmadığından yalnızca mineral gübre ve tohumdan kaynaklanan ağır metal taşınımı hesaplanmıştır. Bu hesaplamada gübreler için Tablo 3.13'de verilen (Mels vd., 2008) ve tohumlar için ise Tablo 3.14'de (Delehaye vd., 2003; Durlinger vd., 2017) verilen değerler kullanılmış sorgum-sudanotu melezi için değer olmadığından bu bitki için sorgum verisi esas alınmıştır.

Tablo 3.13. Kullanılan gübrelerin ağır metal içerikleri (mg.kg⁻¹)

Mineral gübre içeriğinde saf madde miktarı	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg	Hg
N	6.0	26.0	203.0	54.9	20.9	77.9	0.1
P	90.5	207.0	1923.0	154.0	202.0	1245.0	0.7

Tablo 3.14. Bitki biyokütlesindeki ağır metal içerikleri (mg.kg⁻¹)

Bitki cinsi	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg	Hg
Mısır	0.520	0.240	1.600	0.010	0.860	1.300	21.600
Sorgum	0.084	1.203	4.026	0.008	0.76	0.416	25.075
Soya Fasulyesi	0.084	1.203	4.026	0.008	0.76	0.416	25.075
Ayçiçeği	0.084	1.203	4.026	0.008	0.76	0.416	25.075

Yapılan üretim sırasında yüzey ve yer altı su kaynaklarına oluşan ağır metal sızıntısı (M_{leach}) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır. Eşitlikteki $m_{leach i}$ değeri için Nemecek ve Schnetzer, (2011) tarafından verilen ve Tablo 3.15’de görülen değerler kullanılmıştır.

$$M_{leach i} = m_{leach i} \times A_i$$

Tablo 3.15. Topraktan yüzey ve yer altı sularına ağır metal sızıntısı (mg.ha⁻¹)

Ağır metal sızıntısı	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg	Hg
$m_{leach i}$	50.0	3600.0	33000.0	600.0	0	21200.0	1.3

Yapılan üretim sırasında toprağa oluşan ağır metal emisyonu ($M_{soil i}$) aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır (Durlinger vd., 2017). İlk eşitlikte üretim sırasında tarımsal uygulamalar yolu ile oluşan emisyon girdisi ($\Sigma_{inputs i}$) ile sızıntı ve hasat edilen ürünler ile topraktan kaldırılan emisyon çıktısı ($\Sigma_{outputs i}$) farkı belirlenmekte ve tahsis faktörü (A_i) ile çarpılarak toprağa oluşan emisyon hesaplanmaktadır.

Emisyon girdisi miktarının belirlenebilmesi için kullanılan ikinci eşitlikte kullanılan mineral gübre miktarı (A), mineral gübre ağır metal içeriği ($A_{content i}$) ve ağır metal birikimi yoluyla oluşan girdi (C) değerleri hesaplamaya dahil edilmiş, çalışmada yer almadığından kullanılan organik kaynaklı gübre miktarı (B), organik kökenli gübre ağır metal içeriği ($B_{content i}$) değeri dikkate alınmamıştır.

$$M_{\text{soil } i} = (\sum \text{inputs } i - \sum \text{outputs } i) \times A_i$$

$$\sum \text{inputs } i = A \times A_{\text{content } i} + B \times B_{\text{content } i} + C$$

$$\sum \text{outputs } i = M_{\text{leach } i} + D \times D_{\text{content } i}$$

Emisyon çıktısı miktarının belirlenebilmesi için kullanılan ikinci eşitlikte ise topraktan sızıntı yoluyla uzaklaşan ve yüzey ve yeraltı sularına karışan emisyon değeri ($M_{\text{leach } i}$), hasat edilen ürün miktarı (D) ve hasat edilen üründeki ağır metal içeriği ($D_{\text{content } i}$) değerleri kullanılmış, $D_{\text{content } i}$ değeri için Tablo 3.14'de bitkiler için verilen ağır metal içerikleri esas alınmıştır.

3.2.4.6. Çevresel etki kategorileri

Yapılan araştırmanın çevresel etkilerinin karşılaştırılabilmesi için yapılacak yaşam döngüsü değerlendirmesinde çevresel etki sonuçları CML-IA metodu (Guinée, 2002) kullanılarak hesaplanmıştır.

YDD çalışmalarında farklı etmenler karakterize edilerek etki göstergeleri oluşturulur. Karakterizasyon, farklı miktarlardaki bir grup kimyasalı aynı birime dönüştürerek, her bir kimyasalın küresel ısınmaya olan etkisini ayrı ayrı belirleme ve diğer kimyasallar ile karşılaştırma olanağı sağlar ve genellikle aşağıdaki formül ile ifade edilir (Demirer, 2011)

$$\text{Envanter Verisi} \times \text{Karakterizasyon Faktörü} = \text{Etki Göstergesi}$$

Değerlendirme için kullanılan etki kategorileri aşağıda sıralanmış ve açıklanmıştır.

Abiyotik Tükenme Potansiyeli Element (ATP_E)

Abiyotik kaynakların tükenmesi element etki kategorisi ile üretim sürecinin metal ve mineral cevherleri gibi abiyotik kaynakları tüketme potansiyeli değerlendirilir. Bu etki küresel boyutta incelenir ve antimon (Sb) eşdeğeri olarak karakterize edilir (Azapagic, 2010; Baumann ve Tillman, 2004).

Abiyotik Tükenme Potansiyeli Fosil (ATP_F)

Bu etki kategorisinde, üretim sürecinin, rezervleri sınırlı olan kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların tüketme potansiyeli değerlendirilmektedir. Küresel boyutta değerlendirilen bu etki MJ eşdeğeri olarak karakterize edilir (Baumann ve Tillman, 2004).

Asidifikasyon Potansiyeli (AP)

Kükürt dioksit (SO₂), azot oksitleri (NO_x), hidrojen klorür (HCl) ve amonyak (NH₃) gibi maddelerin, içeriklerindeki H⁺ iyonları nedeniyle potansiyel asit biriktirmesini ifade eden etki kategorisi olup malzemenin veya üretim sürecinin çevrenin asitleşmesine katkısını ifade etmek için kullanılır. Toplam asitleşme potansiyeli, SO₂ emisyonları cinsinden karakterize edilir (Baumann ve Tillman, 2004.; Estekova vd. 2017).

Ötrofikasyon Potansiyeli (ÖP)

Ötrofikasyon, esas olarak tarımsal üretim sistemlerinde gübre uygulamasından kaynaklanan çeşitli kaynaklardan ekosisteme salınan aşırı besin maddeleri nedeniyle oluşan küresel bir çevre sorunudur (Balasuriya vd. 2022). Ötrofikasyon potansiyeli ise sulara ve topraklara fazla miktarda besin maddesi salınımının yol açtığı etkileri tanımlayan bir kategoridir. Bu etki genellikle azot (N) ve fosfor (P) gibi besin maddelerinin, yüzeysel su kaynaklarındaki alglerin biyokütlesini artırma potansiyelini içermekte ve PO₄ konsantrasyonu üzerinden karakterize edilmektedir (Azapagic, 2010).

Eko-toksisite potansiyeli (ETP)

Karasal, tatlı su ve deniz olmak üzere üç çevresel ortam için hesaplanır ve sırasıyla tatlı sudaki su toksisitesini, denizdeki su toksisitesini, tatlı su sediment toksisitesini, deniz sediment toksisitesini ve karasal ekotoksisiteyi temsil eden beş göstereyi içerir. ETP, farklı organizmalar tarafından çevrede bulunan farklı toksik maddelerin maksimum tolere edilebilir konsantrasyonlarına dayanmaktadır ve bu etki kategorisi için referans madde de 1,4-diklorobenzendir (Azapagic, 2010).

Küresel Isınma Potansiyeli (KIP)

İklim değişikliği, sera gazlarının toplam küresel ısınma potansiyelini temsil eder. Küresel ısınmanın temel nedeni olduğundan, CO₂ referans olarak kullanılmakta ve diğer sera gazları CO₂ eşdeğerine çevrilerek değerlendirilmektedir. Bu gösterge, 20 ve 50 yıl gibi kısa vadede 100 veya 500 yıl gibi daha uzun dönemlerdeki kümülatif etkileri tahmin etmek için kullanılır (Azapagic, 2010; Baumann & Tillman, 2004).

İnsan Toksikitesi Potansiyeli (İTP)

İnsanlara toksik bileşiklerin hava, su ve toprak olmak üzere üç farklı ortama emisyonlarını temsil eder. Toksik organik bileşiklerin, ağır metallerin ve NOx'in salınımı ile belirlenir ve bu maddelere maruziyetten kaynaklanan sağlık etkisine ilişkin bir göstergedir. Kanserojenler ve kanserojen olmayanlar olmak üzere iki farklı kategoride değerlendirilebilir. Kanserojenler için genellikle 1,4-Di-klorobenzen eşdeğerliği, kanserojen olmayanlar için ise toluen eşdeğerliği esas alınır (Meshram ve Humar, 2022; Azapagic, 2010).

Ozon Tabakasını İnceltme Potansiyeli (OTİP)

Stratosferik ozon (O₃) tükenmesi ile oluşan ozon tabakasında incelme, antropojenik O₃ tüketen maddelerin emisyonlarından kaynaklanan ciddi bir küresel çevre sorunudur. Bu maddeler, yer yüzeyindeki ultraviyole (özellikle ultraviyole-B [UV-B]) yoğunluğunu artırır ve insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere sahiptir (Hayashi ve Itsubo, 2023). Ozon tabakasını inceltme potansiyeli, kloroflorohidrokarbonların (CFC'ler) ve diğer halojenlenmiş hidrokarbonların ozon tabakasını tüketme potansiyelini gösterir. OTİP faktörleri CFC-11'E göre karakterize edilir (Azapagic, 2010).

Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli (FOOP)

Yer seviyesindeki ozon, insan sağlığı, tarım alanları ve doğal bitki toplulukları üzerindeki etkileri açısından küresel hava kirleticilerinin en önemlilerinden biridir. Ozonun insanlarda oluşturduğu olumsuz etki için kesin bir eşik belirlenmiş olmasa da, 35 ppb ve üzeri konsantrasyonlarında insan sağlığına olumsuz etkilerin oluşabileceği bilinmektedir. Bitki örtüsü üzerindeki etkiler ise genellikle 40 ppb'nin üzerinde gerçekleşir, ancak bu etkiler bitki türüne bağlıdır ve çevresel koşullara göre değişir. Ozonun hassas bitki türlerine zarar verdiği, ağaç büyümesini ve karbon sekestrasyonunu azalttığı, verim düşüklüğüne neden olduğu ve doğal bitki topluluklarının yapısını etkilediği bildirilmiştir. Artan O₃ konsantrasyonları, iklim değişikliği, zararlılar, hastalıklar ve arazi bozulması nedeniyle zaten stres altında olan tarım sistemleri üzerinde daha fazla baskı oluşturabilir (Fowler vd. 2008).

Ozon konsantrasyonundaki artış, NOx kirleticileri ile uçucu organik bileşiklerin fotokimyasal oksidanlar oluşturmasıyla gerçekleşmektedir. Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli etki kategorisi C₂H₄ eşdeğeri olarak karakterize edilmektedir (Baumann ve Tillman, 2004).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Agronomik Özellikler

4.1.1. Bitki boyu (cm)

Birim alandan yüksek hasıl verimi alınması hedeflenen yem bitkileri üretiminde, bitki boyu verim üzerine olumlu ve önemli etkisi olan bir karakter olarak bilinmektedir (İptaş vd, 2002; Geren ve Kavut, 2009). Çalışmadan elde edilen veriler üzerinde yapılan varyans analizi sonucunda, silajlık mısırdaki ölçülen bitki boyu değerleri bakımından ele alınan işlemler arasında hem deneme yıllarında hem de birleştirilmiş analizde istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir.

Araştırmada silajlık mısırdaki belirlenen bitki boyu değerleri, 2023 yılında 229.7 - 273.3 cm, 2024 yılında 295.6 - 318.7 cm, iki çalışma yılı verileri birlikte değerlendirildiğinde ise 268.4 - 289.9 cm arasında değiştiği tespit edilmiş ve elde edilen değerler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Silajlık mısır bitkilerinde bitki boyuna ait ortalama değerler (cm)

Sıra no	İşlemler	2023	2024	Ortalama
1	SM	242.9	300.5	271.7
5	% 75 SM + % 25 SSM	246.7	298.1	272.4
6	% 50 SM + % 50 SSM	272.7	295.6	284.1
7	% 25 SM + % 75 SSM	273.3	306.4	289.9
8	% 50 SM + % 50 SF	244.5	310.7	277.6
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	238.2	318.7	278.5
12	% 50 SM + % 50 AY	229.7	307.1	268.4
	<i>Ortalama**</i>	<i>249.7 B</i>	<i>305.3 A</i>	

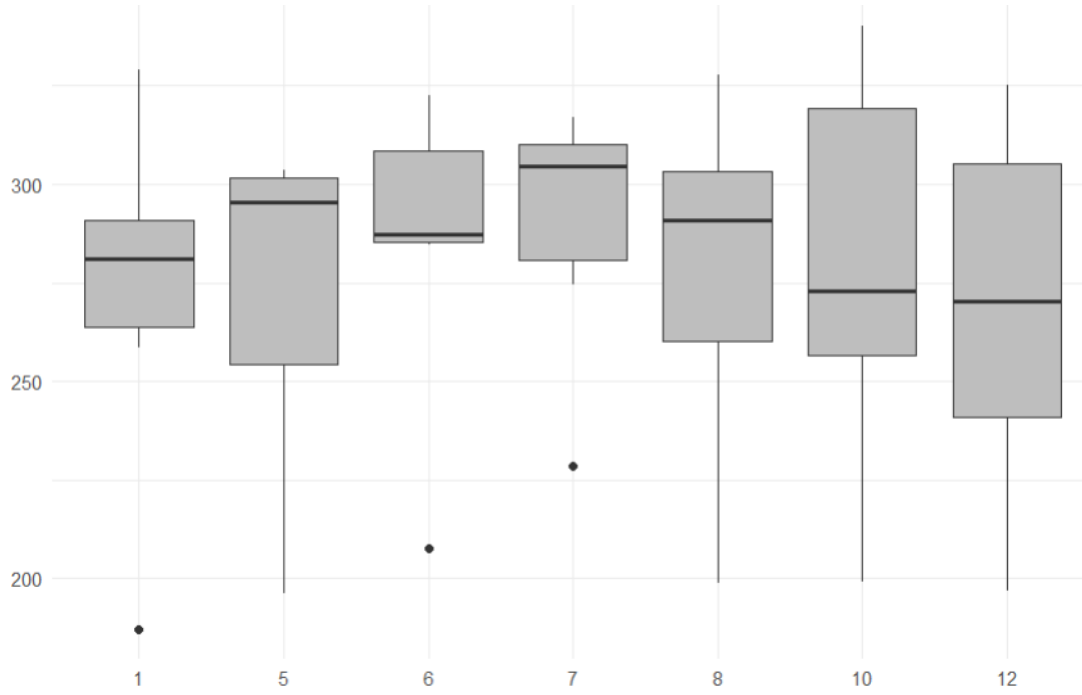
** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Çalışmada işlemlerin bitki boyu üzerinde etkisinin önemli düzeyde olmadığı ancak 2024 yılında tüm işlemlerde bitki boyunun, 2023 yılına kıyasla belirgin şekilde yüksek gerçekleştiği tespit edilmiştir. 2023 yılı vejetasyon döneminin daha yağışlı olmasının, çalışmanın sulukoşullarında yürütülmesi nedeniyle önemli bir etkisinin olmadığı ancak 2024 yılı haziran ayında hava sıcaklıklarının daha yüksek olmasının silajlık mısır bitkilerinin gelişimini olumlu etkilediği değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonuçları da ölçülen bitki boyu değerleri bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak çok anlamlı fark olduğunu göstermiştir ($p < 0.01$). Geren ve Kavut (2009), bitki boyu üzerinde yıl içerisinde yaşanan iklim olayları, bitki türü ve bu iki faktörün interaksiyonunun önemli olduğu bildirilmiştir.

Skoineski ve diğeri (2014), Brezilyada sıra aralığının silaj kalitesine olan etkilerini değerlendirmek için yürüttükleri çalışmalarında bitki boyunun 200.0-220.0 arasında değiştiğini, Yürekli ve diğeri (2021), iki lokasyonda 11 silajlık mısır çeşidi ile yürüttükleri çalışmalarında, bitki boyunun Tokat lokasyonunda 239.0-324.0 cm ve Kocaeli Kandıra lokasyonunda 192.0-282.0 cm arasında değiştiğini, Altuntaş ve Yılmaz (2024) Sakarya ilinde gerçekleştirdikleri ve farklı çapraz ekim yöntemlerini test ettikleri çalışmalarında 333.4-347.3 cm, Kobak ve Taş (2021) ise Çanakkale ilindeki çalışmalarında silajlık mısırdaki bitki boyunun 222.8-283.0 cm arasında değiştiği bildirmişlerdir. Araştırmada tespit edilen bitki boyu değerlerinin diğeri araştırmacıların sonuçları ile uyumlu olduğu, ilk ve ikinci çalışma yılı iklim koşulları arasındaki farklılığa bağlı olarak değişiklik gösterdiği değerlendirilmiştir.

Crevelari ve diğeri (2018), silajlık mısırdaki bitki boyu ile yeşil ot verimi arasında pozitif bir korelasyon belirlemiş ($r=0.75$); bitki boyu, ilk koçan yüksekliği ve sap çapı gibi agronomik özelliklerin silaj verimi ve kalitesi bakımından önemli olduğunu bildirmiştir.

Denemede ölçümler arasındaki varyasyonları gösterir kutu grafiğinin verildiği Şekil 4.1 incelendiğinde, en düşük değişkenliğe sahip değerlerin 6 (% 50 SM + % 50 SSM) ve 7 (% 25 SM + % 75 SSM) numaralı işlemlerden elde edildiği ve bu karışımların bitki boyu bakımından tutarlılık gösterdiği görülmektedir. Yine grafikten 1, 6 ve 7. işlemlerde, nokta ile gösterilen birer adet aykırı değer bulunduğu görülebilmektedir. Kutu grafiklerinde, kutulardan aşağı ve yukarı uzanan çizgiler bıyıklar olarak adlandırılmakta olup bu çizgilerin uç noktaları, aykırı değerler hariç en küçük ve en büyük değeri göstermektedir. Herhangi bir değer, çeyrekte yer alan ve kutu alt ve üst çizgileri ile gösterilen değerler ile farkı, çeyrekler arası açıklığın 1.5 katını aşması durumunda bu değerler aykırı değer olarak belirlenmekte ve grafikte nokta ile gösterilmektedir. Ele alınan işlemlerden 10 ve 12 numaralı karışımların bitki boyu bakımından varyasyonların çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun bitkiler arası rekabatten kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Silajlık mısır bitki boyu kutu grafiği analizi.

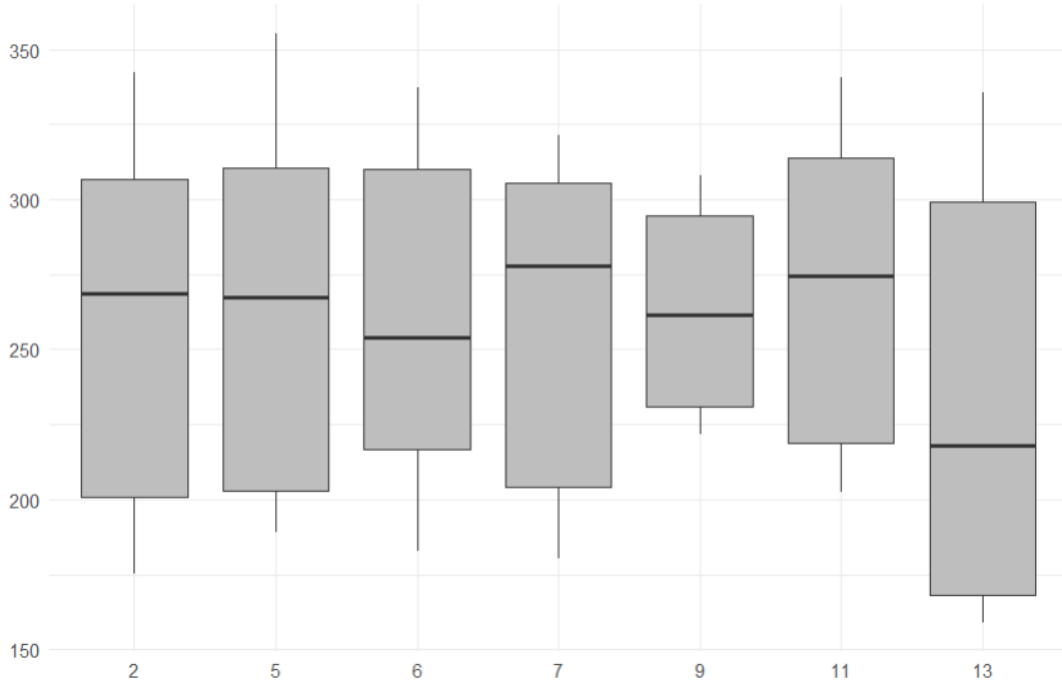
İşlemlerde bulunan sorgum-sudanotu melezi bitkilerine ait bitki boyu değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Veriler ilk ve ikinci çalışma yılında yapılan ölçümlerden elde edilmiş, elde edilen veriler varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş, farklı uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir. Çalışmada sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde bitki boyu değerleri 2023 yılında 167.8-233.3 cm, 2024 yılında 293.0-324.3 cm, iki yılın ortalamasında ise 234.6-269.9 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde de silajlık mısırdaki olduğu gibi ilk ve ikinci yıl bitki boyu ölçümlerinde önemli farklılıklar bulunduğu, bu durumun yıllar arasındaki iklimsel farklılıklar ile açıklanabileceği değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonuçları da ölçülen bitki boyu değerleri bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak çok anlamlı fark olduğunu göstermiştir ($p < 0.01$).

Tablo 4.2. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde bitki boyuna ait ortalama değerler (cm)

Sıra no	İşlemler	2023	2024	Ortalama
2	SSM	200.1	317.2	258.6
5	% 75 SM + % 25 SSM	204.2	324.3	264.2
6	% 50 SM + % 50 SSM	211.3	309.1	260.2
7	% 25 SM + % 75 SSM	207.4	309.6	258.5
9	% 50 SSM + % 50 SF	233.3	293.0	263.2
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	217.5	322.3	269.9
13	% 50 SSM + % 50 AY	167.8	301.5	234.6
<i>Ortalama**</i>		<i>205.9 B</i>	<i>311.0 A</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Bilen ve Türk (2021), Uşak ili Banaz ilçesinde bazı sorgum-sudanotu melezi çeşitlerinin yetiştirilme olanaklarını araştırdıkları çalışmalarında bitki boyunun 198.2-203.5 cm arasında değiştiğini, Göçer ve Karadağ (2022) Tokat ilinde farklı sorgum çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında, bitki boyunun 215.0 – 281.7 cm, Gökkuş ve Değirmenci (2023) Kahramanmaraş ilinde farklı sulama suyu seviyeleri ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında bitki boyunun 186.5-243.2 cm arasında değiştiğini, Salman ve Budak (2015) 4 farklı çeşit ile İzmir Ödemiş ve Bayındır lokasyonlarında yaptıkları çalışmalarında 262.7 – 345.0 cm arasında değiştiğini, Kara ve diğerleri (2019), Aydın ilinde yaptıkları çalışmalarında, 246.07 – 281.00 cm arasında değiştiğini, Kuskkhov ve diğerleri (2021), Rusya Kabardey-Balkar Cumhuriyetinde yaptıkları üç yıllık çalışmalarında bitki boyunun 95.0-284.0 cm arasında, kullanılabilir toprak suyu ve hava sıcaklıklarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.2. Sorgum-sudanotu melezi bitki boyu kutu grafiği analizi

Şekil 4.2’de verilen kutu grafiği incelendiğinde, genel olarak ölçüm sonuçlarında değişkenliğin yüksek olduğu ve en yüksek değişkenliğe sahip değerlerin 13 numaralı işlem den (% 50 SSM + % 50 AY) elde edildiği görülebilmektedir. Kutu grafiklerinde kutu alt ve üst sınırları veri setindeki 1.çeyrek ve 3. çeyrek değerlerini, kutu içerisinde bulunan çizgi ise medyan değerini göstermektedir. Medyan, aritmetik ortalamadan farklı olarak uç değerlere duyarlı olup, veri setindeki değerler büyüklüklerine göre sıralandığında ortada yer alan değerdir. Medyan değeri grafikteki kutunun ortasında yer aldığı aritmetik ortalama ile daha

yakın bir değerdir üste ya da alta yakın olduğunda ise verilerin asimetrik olduğu anlaşılmaktadır.

4.1.2. Gövde çapı (mm)

Gövde çapının verim üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve daha büyük bir gövde çapına sahip olmanın, yüksek verim elde etmek için önemli bir faktör olduğu bilinmektedir (Gökkuş ve Değirmenci, 2023). Yıllar ve işlemler bazında gövde çapı ortalamaları Tablo 4.3'te verilmiştir.

Çalışmanın ilk yılında, mısır bitkilerinin gövde çapı değerleri 16.1 – 20.6 mm arasında değişmiş, yapılan varyans analizi sonucunda işlemlerden elde edilen değerler arasında % 5 düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. En yüksek gövde çapı değeri (20.6 mm) 8 numaralı işlemde (% 50 SM + % 50 SF) elde edilmiş, 1, 5, 6, 7 ve 10 numaralı işlemler de bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük bitki boyu değeri ise 12 numaralı işlemde (% 50 SM + % 50 AY) tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

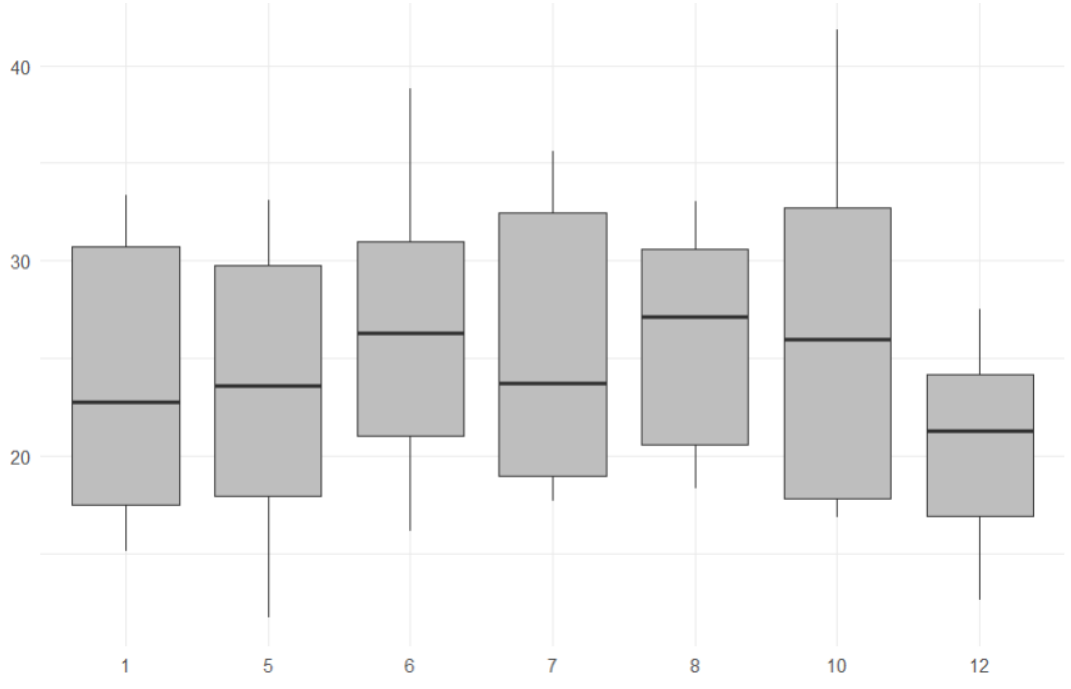
2024 yılı ve her iki yılın birleştirilmiş analizinde ise anlamlı bir farklılık belirlenememiş, ortalama gövde çapı değerleri 2024 yılında 25.0 mm ile 35.5 mm, iki deneme yılının birlikte analizinde ortalama değerler 20.5 – 26.6 mm arasında değişmiştir. Varyans analizi sonuçları silajlık mısırdaki belirlenen gövde çapı değerleri bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak çok anlamlı fark olduğunu göstermiştir ($p < 0.01$).

Tablo 4.3. Silajlık mısır bitkilerinde gövde çapına ait ortalama değerler (mm)

Sıra no	İşlemler	2023*	2024	Ortalama
1	SM	17.3 ab	30.4	23.9
5	% 75 SM + % 25 SSM	16.5 ab	30.1	23.3
6	% 50 SM + % 50 SSM	19.7 ab	33.4	26.6
7	% 25 SM + % 75 SSM	20.1 ab	31.1	25.6
8	% 50 SM + % 50 SF	20.6 a	31.3	25.9
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	18.0 ab	35.5	26.8
12	% 50 SM + % 50 AY	16.1 b	25.0	20.5
<i>Ortalama**</i>		<i>18.3 B</i>	<i>31.0 A</i>	

* $p < 0.05$ ve ** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Ölçümler arasında varyasyonları gösterir kutu grafiği Şekil 4.3'de verilmiştir. Grafikte işlemlerden elde edilen değerlerin benzerlik gösterdiği ancak elde edilen gövde çapı değerlerinin geniş bir aralıkta değişkenlik gösterdiği görülebilmektedir. Bu durumun da iki çalışma yılında elde edilen değerlerdeki farklılık ile bağlantılı olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4.3. Silajlık mısır bitkilerinde gövde çapı kutu grafiği analizi.

Karagöz ve diğerleri (2019) Kayseri ekolojik koşullarında yaptıkları çalışmalarında, silajlık mısır bitkilerinin gövde çapı değerlerinin 21.04-23.09 mm arasında, Meşe ve Gülümser (2020) ise Bilecik ilinde yaptıkları çalışmada 17.5-27.6 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ülkemizde silajlık mısır için farklı ekolojilerde önemli çalışmalar gerçekleştirildiği ve bu çalışmalardan bazılarında, Yozgatlı ve diğerleri (2019), Yozgat ilinde yaptıkları çalışmada gövde çapının 17.20 mm ile 23.20 mm arasında, Öztürk ve Orak (2020) Tekirdağ koşullarında yaptıkları araştırmada 26.7-28.6 mm, Karadeniz ve Saruhan (2021), Mardin ilinin Kızıltepe ilçesinde yaptıkları çalışmada 20.40-25.00 mm, Olgun (2011), Konya ilinde yürüttüğü çalışmasında 25.37-31.32 mm, Keskin ve Hüseyinbaş (2025), Ağrı ilinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında 16.8-27.0 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen değerlerin diğer araştırmacılar tarafından bulunan değerlerle paralel olduğu, silajlık mısır bitkilerinde gövde çapının ekolojik koşullara ve uygulanan işlemlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmüştür.

Araştırmada sorgum-sudanotu melezinde belirlenen gövde çapı değerleri Tablo 4.4'te sunulmuştur. İlk çalışma yılında işlemlerin sorgum-sudanotu bitkisinde gövde kalınlığına etkisine ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda anlamlı bir farklılık belirlenememiş, gövde çapı değerleri 6.3-10.6 mm arasında değişmiştir. İkinci yılda ise uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu belirlenmiş ($p < 0.05$), sorgum-sudanotu melezinde gövde çapı 13.4-24.0 mm arasında değişmiş, en yüksek gövde çapı 9 numaralı işlemde (% 50

SSM +% 50 SF), en düşük gövde çapı ise 13 numaralı işlemde (% 50 SSM +% 50 AY) elde edilmiştir.

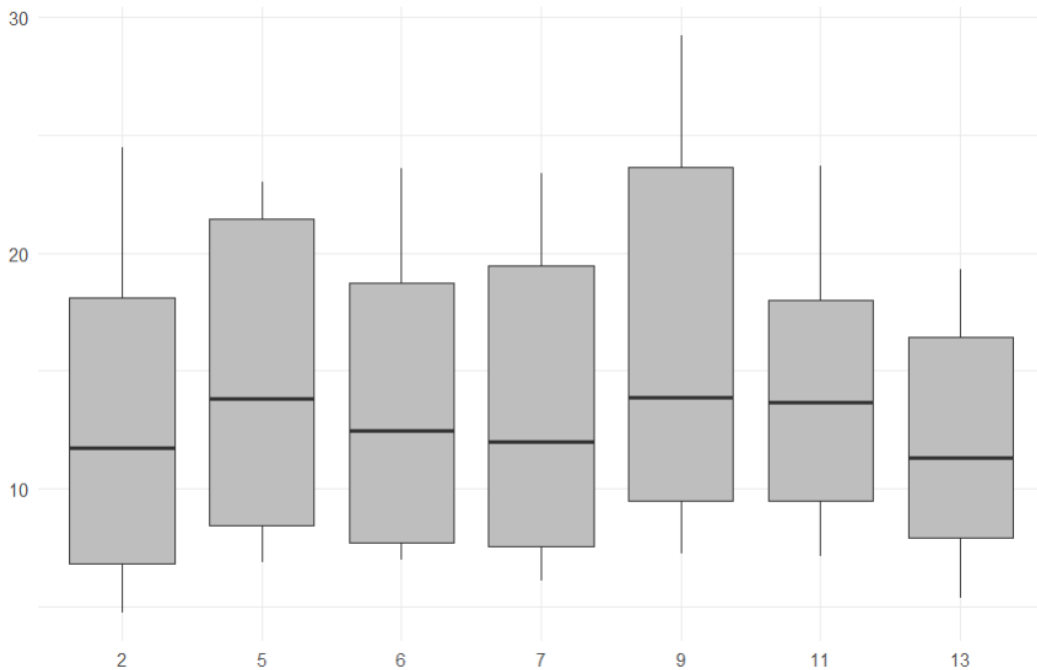
2023 ve 2024 yılları birlikte değerlendirildiğinde ise işlemlerden elde edilen gövde çapı değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmüş, sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde gövde çapınının 12.0-16.5 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.4. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde gövde çapına ait ortalama değerler (mm)

Sıra no	İşlemler	2023	2024 *	Ortalama
2	SSM	6.3	19.7 ab	13.0
5	% 75 SM + % 25 SSM	8.4	21.0 ab	14.7
6	% 50 SM + % 50 SSM	7.7	19.8 ab	13.8
7	% 25 SM + % 75 SSM	7.2	20.0 ab	13.6
9	% 50 SSM + % 50 SF	9.0	24.0 a	16.5
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	9.1	19.5 ab	14.3
13	% 50 SSM + % 50 AY	10.6	13.4 b	12.0
Ortalama**		8.3 B	19.6 A	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Her iki yılın verileri üzerinde gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları sorgum-sudanotu melezinde belirlenen gövde çapı değerleri bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak çok anlamlı fark olduğunu göstermiştir ($p < 0.01$).



Şekil 4.4. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde gövde çapı kutu grafiği analizi

Çalışmanın ikinci yılında daha sıcak bir vejetasyon dönemi yaşanmasının, sorgum-sudanotu melezinin gelişimini olumlu yönde etkilediği, bu durumun da bitkilerin fizyolojik özellikleri ile birlikte verimi de arttıran en önemli faktör olduğu değerlendirilmiştir. Yine Şekil 4.4’de verilen kutu grafiği incelendiğinde, farklı iklim koşullarının aynı işlemlere ait gövde çapı ölçümleri arasındaki varyasyonları da arttırdığı görülebilmektedir.

Kara ve diğerleri (2019) farklı gübre dozları uygulayarak Aydın ilinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında sorgum-sudanotu bitkisinde gövde çapının 15.54-16.69 mm, Çoban ve Acar (2018) farklı SSM çeşitleri ile Konya ili Çumra ilçesinde yaptıkları çalışmalarında 14.49-16.55 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Erkovan ve Afacan (2024) ise Eskişehir ilinde farklı sorgum genotipleri ile yaptıkları çalışmalarında gövde çaplarını 7.9-18.3 mm arasında, Gönülal (2020) Konya ili Karapınar ilçesinde farklı çeşitler ve farklı toprak işleme uygulamaları ile yürüttükleri çalışmasında 14.60-17.56 mm arasında belirlemişler, Venuto ve Kindleger (2008) ABD’de gerçekleştirdikleri çalışmalarında sorgum sudaotu melezlerinin gövde çapını 11.1-11.4 mm arasında değiştiğini ancak gövde çapı ile biyokütle arasında bir korelasyon tespit edilemediğini belirtmişlerdir.

4.1.3. Yaprak sayısı

Khatun ve diğerleri (2015), bitki başına yaprak sayısındaki artış veya azalışın, yem bitkilerinin verimi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğunu, Korkmaz ve diğerleri (2019), yaprak sayısı ile hasıl verimi arasında %1 önem seviyesinde olumlu ve önemli ilişki olduğunu bildirmiştir.

Yapraklılık miktarı, verimin bir göstergesi olmasının yanı sıra yem kalitesi için de önemli bir veri olarak kabul edilmekte ve yem kalitesinin tahmin edilmesinde, verimle yakından ilişkili olan bitki başına yaprak sayısı, yaprak alanı, bitki boyu, sap kalınlığı gibi özelliklerin dikkate alınması araştırmacılar tarafından önerilmektedir (Karnatam vd., 2023).

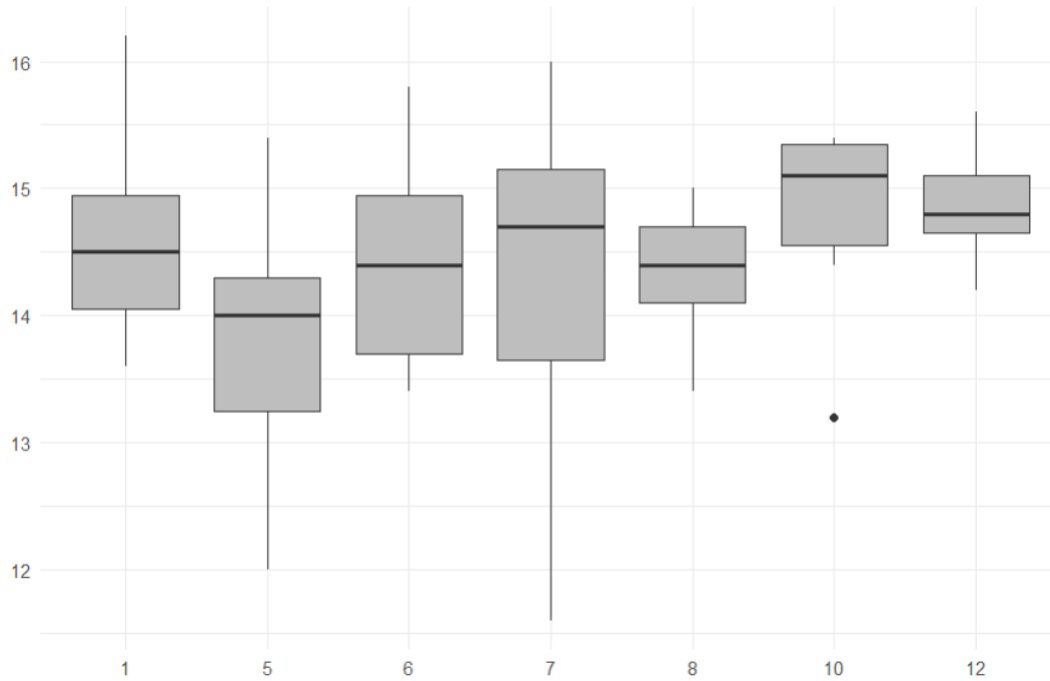
Araştırmada yalın ve farklı oranlarda birlikte ekimlerin ele alındığı işlemlerin, silajlık mısır bitkilerinin yaprak sayısına etkisi incelenmiş ve elde edilen ortalama değerler Tablo 4.5’te verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Çalışmadaki bulgulara göre, 2023 ve 2024 yılları ortalamasında silajlık mısırdaki yaprak sayısı sırasıyla 13.0 - 14.9 adet ve 14.6 - 15.1 adet arasında, iki çalışma yılı ortalamasında ise yaprak sayısı 13.8 – 14.9 adet arasında değişmiştir. Sonuçlar silajlık mısırlarda yaprak sayısının genetik faktörlerden daha fazla etkilendiğini,

araştırmada ele alınan işlemlerin yanında iki çalışma yılı arasındaki iklim koşulları farklılığının da bitki morfolojisi üzerinde sınırlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5. Silajlık mısır bitkilerinde yaprak sayısına ait ortalama değerler (adet)

Sıra no	İşlemler	2023	2024	Ortalama
1	SM	14.4	14.9	14.6
5	% 75 SM + % 25 SSM	13.0	14.6	13.8
6	% 50 SM + % 50 SSM	14.3	14.6	14.4
7	% 25 SM + % 75 SSM	13.4	15.1	14.3
8	% 50 SM + % 50 SF	14.4	14.3	14.3
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	14.7	14.9	14.8
12	% 50 SM + % 50 AY	14.9	14.9	14.9
	<i>Ortalama</i>	<i>14.2</i>	<i>14.8</i>	

şekil 4.5’de verilen kutu grafiği incelendiğinde ise işlemlerde belirlenen bitki başına yaprak sayısı değerlerinde varyasyonun sınırlı olduğu görülebilmektedir. Nitekim bitki boyu ve gövde çapı gibi özelliklerde gözlemlenen varyasyonun yaprak sayısında daha sınırlı kaldığı dikkati çekmektedir.



şekil 4.5. Silajlık mısır bitkilerinde yaprak sayısı kutu grafiği analizi

Çalışmada elde edilen değerler, Krdikanlıoğlu (2022) tarafından Bilecik ilinde 24 farklı mısır çeşidi ile yürütülen çalışma sonucunda bildirilen 12.20 – 17.40 adet bitki başına yaprak sayısı değerleri ile uyumludur. Bunun yanında farklı lokasyonlarda yürütülen

araştırmalarda da yakın değerler elde edilmiştir. Akbay ve diğerleri (2022) tarafından Adana Doğukent lokasyonunda ve farklı gübre çeşit ve dozlarının etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma sonucunda silajlık mısır bitkilerinde yaprak sayısını 14.33 – 17.00 adet aralığında, Altuntaş ve Yılmaz (2024) Sakarya ilinde yaptıkları çalışmalarında 13.20 – 13.80 adet aralığında, Akkeçeci (2024) Kahramanmaraş ili Göksu ilçesinde farklı yeşil gübre uygulamalarını test etmek amacıyla yaptığı çalışmasında 12.83 – 13.50 adet aralığında, Yılmaz ve diğerleri (2020), Samsun arşamba lokasyonunda yaptıkları çalışmalarında 10.60 – 14.20 adet aralığında, Yozgatlı ve diğerleri (2019) Yozgat ilinde yürüttükleri çalışmalarında 10.41 – 14.25 adet aralığında, Korkmaz ve diğerleri Adana ilinde yaptıkları çalışmalarında 11.58 – 14.06 adet aralığında bitki başına yaprak sayısı bildirmişlerdir.

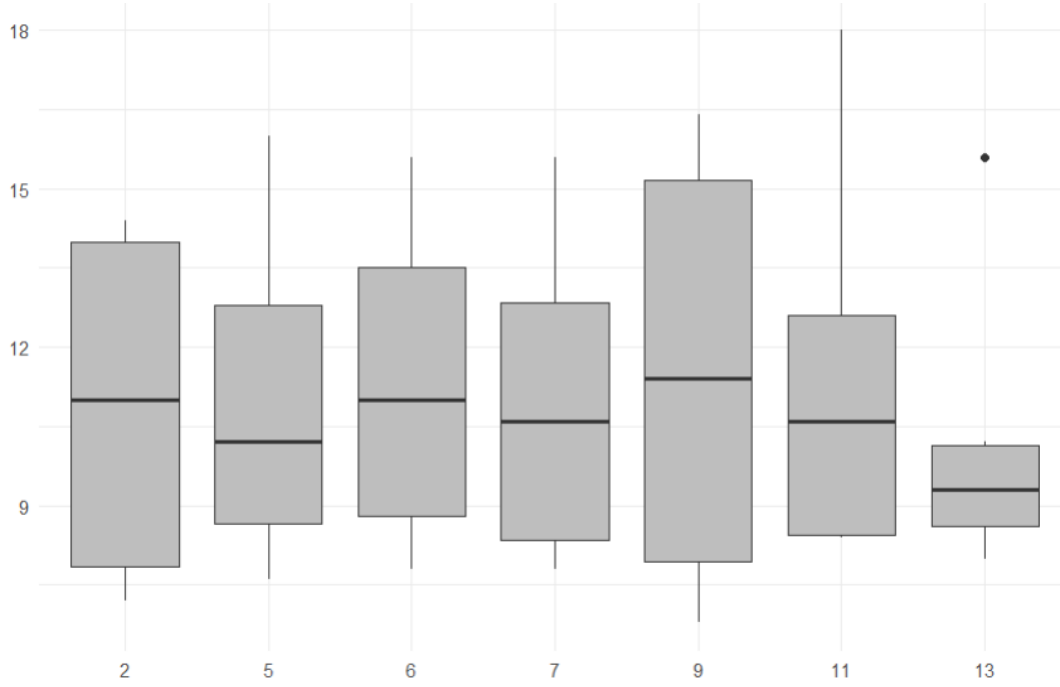
Araştırmada sorgum-sudanotu melezine ait yaprak sayıları Tablo 4.6’da verilmiştir. Yapılan varyans analizinde işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir. İşlemlerde ilk ve ikinci araştırma yılı ortalamasında sorgum-sudanotu melezinde yaprak sayısı 10.2 - 11.5 adet arasında, ilk yıl ve ikinci yıl için ise 7.8 -8.5 adet ve 11.9 – 15.4 adet arasında değiştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte işlemlerin 2023 ve 2024 yılı değerleri arasında önemli ve anlamlı farklılıklar bulunduğu ($p<0.01$) görülmüş, iki yıl arasında sorgum-sudanotu melezinde bitki başına yaprak sayısında oluşan bu farklılığın iklim koşullarından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Tablo 4.6. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde yaprak sayısına ait ortalama değerler (adet)

Sıra no	İşlemler	2023	2024	Ortalama
2	SSM	7.8	14.0	10.9
5	% 75 SM + % 25 SSM	8.3	13.6	11.0
6	% 50 SM + % 50 SSM	8.5	14.1	11.3
7	% 25 SM + % 75 SSM	8.3	13.7	11.0
9	% 50 SSM + % 50 SF	7.7	15.4	11.5
11	% 50 SSM + % 50 SF G-	8.5	14.4	11.4
13	% 50 SSM + % 50 AY	8.4	11.9	10.2
	<i>Ortalama**</i>	8.2 B	13.9 A	

** $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

şekil 4.6’da verilen kutu grafiği analizi de bu veriyi desteklemekte, işlemlerde belirlenen bitki başına yaprak sayısı değerlerinde farklılığın belirgin olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.6. Sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde yaprak sayısı kutu grafiği

Çoban ve Acar (2018) Konya ili Çumra ilçesinde farklı işleme yöntemleri ve 4 farklı çeşit ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında sorgum-sudanotu melezi bitkilerinde yaprak sayısını 9.13 - 11.3 adet aralığında, Kara ve diğerleri (2019) Aydın ilinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında 7.80 - 11.20 adet aralığında, Süer ve Acar (2019), Afyonkarahisar Bolvadin lokasyonunda gerçekleştirdikleri çalışmalarında 7.73 - 9.13 adet aralığında, Keskin ve diğerleri (2018), Iğdır lokasyonunda 6 farklı çeşit ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında 9.50 - 12.50 adet aralığında, Sürmen ve Kara (2022) Aydın koşullarında farklı genotiplerin verim ve yem kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında 8.7 - 17.6 adet aralığında tespit etmiştir.

Çalışmamızda elde edilen sorgum-sudanotu melezi bitkisinde yaprak sayısı değerinin diğer araştırmacıların belirledikleri değerler ile aynı aralıkta yer aldığı, yaprak sayısının genetik faktörlerin yanında, iklim koşulları gibi çevresel faktörlerden de etkilenecek değişiklik gösterdiği değerlendirilmiştir.

Silajlık mısır ve sorgum-sudanotu melezi bitki başına yaprak sayısı verileri birlikte değerlendirildiğinde, silajlık mısırdaki yaprak sayısının iklim koşullarındaki farklılıktan sınırlı etkilendiği ancak sorgum-sudanotu melezi bitkilerinin yaprak sayısının iklim koşulları ile önemli ölçüde değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklar, düşük nem ve düşük yağış koşullarına daha iyi adapte olan (Kuppusamy vd., 2024) ve özellikle yarı kurak ve sıcak bölgelerde diğer tahıllardan daha iyi performans gösteren (Erecek vd., 2023) sorgum-sudanotu

melezinin, araştırmamızın nispeten daha sıcak ve daha kurak geçen ikinci yılında gösterdiği daha iyi performans ve sağladığı daha yüksek verimi, bitki boyu ve gövde çapındaki artışın yanısıra yaprak sayısındaki artışla da desteklediği görülmüştür.

4.1.4. Yeşil ot verimi (kg da⁻¹)

Çalışmada elde edilen yeşil ot verimleri değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi neticesinde işlemlerden elde edilen yeşil ot verimleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (P<0.01).

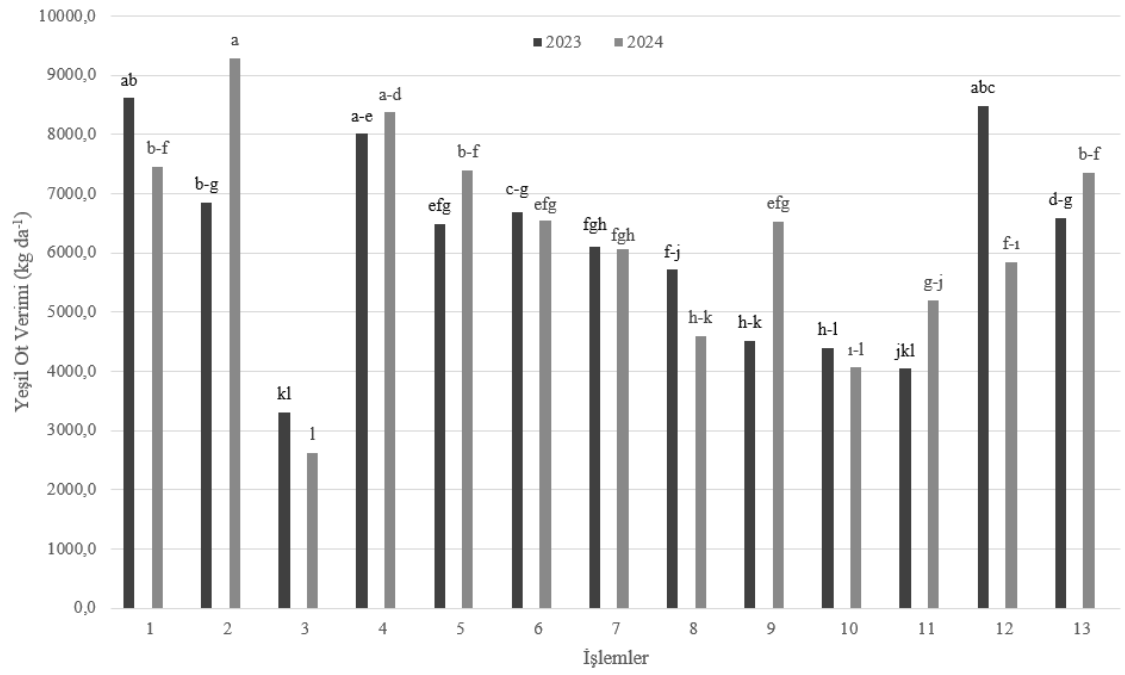
Çalışmanın ilk yılında, işlemlerde yeşil ot verimi 2957.1 - 9103.4 kg da⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek verim 1 numaralı işlem olan yalın SM’den (9103.4 kg da⁻¹), en düşük verim ise 3 numaralı işlem olan yalın SF’den (2957.1 kg da⁻¹) elde edilmiştir. İkinci yılda ise işlemlerde yeşil ot verimi 5700.0 - 12771.4 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. İlk yıldan farklı olarak en yüksek verim 2 numaralı işlem olan yalın SSM’de (12771.4 kg da⁻¹), en düşük verim ise 3 numaralı (yalın SF) işlemde elde edilmiştir.

2023 ve 2024 verilerinin birleştirilmiş analizinde işlemlerde yeşil ot verimi 4328.6 - 10047.6 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Yalın SF işleminden, SSM, SM ve AY gibi yüksek verimli bitkilerin yer aldığı diğer işlemlere kıyasla daha az yeşil ot verimi alındığı, üst gübre uygulaması yapılmayan 10 ve 11 numaralı işlemlerin de en düşük verim grubunda yer almasının SF veriminin düşük olmasının yanısıra yetersiz azotlu gübrelemeden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

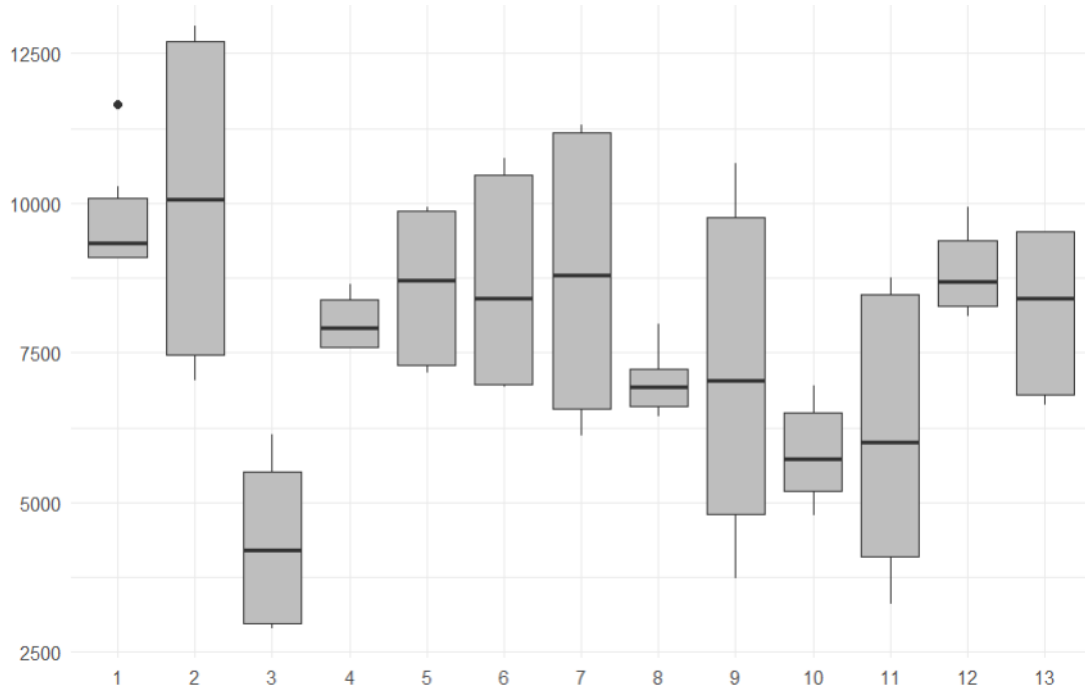
Tablo 4.7. İşlemlerin ortalama yeşil ot verimleri (kg da⁻¹)

Sıra no	İşlemler	2023 **		2024 **		Ortalama **	
1	SM	9103.4	a	10481.2	bc	9792.3	ab
2	SSM	7323.8	cd	12771.4	a	10047.6	a
3	SF	2957.1	h	5700.0	g	4328.6	d
4	AY	7593.1	bc	8444.2	de	8018.7	a-d
5	% 75 SM + % 25 SSM	7336.8	cd	9860.6	bcd	8598.7	abc
6	% 50 SM + % 50 SSM	6963.8	cde	10428.3	bc	8696.0	abc
7	% 25 SM + % 75 SSM	6424.9	e	11188.1	b	8806.5	abc
8	% 50 SM + % 50 SF	6553.8	de	7478.8	ef	7016.3	a-d
9	% 50 SSM + % 50 SF	4452.4	fg	9954.8	bc	7203.6	a-d
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	5058.6	f	6597.9	fg	5828.2	cd
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	3826.2	g	8445.2	de	6135.7	bcd
12	% 50 SM + % 50 AY	8227.6	b	9507.7	cd	8867.6	abc
13	% 50 SSM + % 50 AY	6849.9	cde	9531.2	cd	8190.6	abc
	<i>Ortalama</i> **	6359.3	<i>B</i>	9260.7	<i>A</i>		

** p<0.01 düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.



Şekil 4.7. Yeşil ot verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.8. Yeşil ot verimine ilişkin kutu grafiği analizi

Yeşil ot verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüldüğü üzere, en yüksek yeşil ot verimi 12771.4 kg da⁻¹ ile 2024 yılında yalnız SSM işleminde (2024-2) belirlenirken, bu işlem 2023-1, 2023-4, 2023-12, 2024-4 işlemleri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük yeşil ot verimi ise

2024 yılında yalın SF işleminde (2024-3) tespit edilmiştir. Şekil 4.8’de verilen kutu grafiği incelendiğinde ise 1, 4, 8 ve 12 numaralı işlemlerde belirlenen yeşil ot verimi değerlerinde varyasyonun daha sınırlı olduğu ancak 2, 7, 9 ve 11 numaralı işlemlerde belirlenen yeşil ot verimi değerlerinde varyasyonun daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Bu durumun bu işlemlerde bulunan SSM’nin iki çalışma yılındaki verim farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Yürekli ve diğerleri (2021), iki lokasyonda 11 silajlık mısır çeşidi ile yürüttükleri çalışmalarında, yeşil ot veriminin Tokat lokasyonunda 5756.1 - 10478.0 kg da⁻¹ ve Kocaeli Kandıra lokasyonunda 8750.0 - 8954.0 kg da⁻¹ arasında, Altuntaş ve Yılmaz (2024) farklı ekim yöntemleri uygulanan silajlık mısırdaki yeşil ot verimi ortalamalarının 9762 ile 11330 kg da⁻¹ aralığında, Akbay ve diğerleri (2022) Adana ilinde farklı dozlarda gübre uygulamalarını test ettikleri çalışmalarında yeşil ot veriminin 4823.8 - 8741.0 kg da⁻¹, Keskin ve Hüseyinbaş (2025) Iğdır ilinde 15 farklı silajlık mısır çeşidi ile yaptıkları çalışmada yeşil ot veriminin 7287.0 – 11066.0 kg da⁻¹ aralığında gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Özmen (2017) Bingöl ilinde 13 farklı sorgum türü ile gerçekleştirdiği çalışmasında yeşil ot veriminin 4003.0-11812.0 kg da⁻¹, Çoban ve Acar (2017), Konya ili Çumra ilçesinde SSM çeşitleri ile yaptıkları çalışmalarında yeşil ot veriminin 7038.3 - 9400.7 kg da⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında Şahin ve diğerleri (2024), alternatif silaj bitkilerinin AHT-TOPSİS yöntemi ile belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında 30 adet araştırmadaki verileri derlemiş ve silajlık mısır için ortalama yeşil ot veriminin 8730.0 kg da⁻¹, sorgum için 7300.0 kg da⁻¹, ayçiçeği için 6500.0 kg da⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir.

Kızıl Aydemir ve diğerleri (2017) Bilecik ilinde sorgum ve soya fasulyesi bitkilerini, farklı karışım oranlarında, aynı parselde farklı sıralara ekmek sureti ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, karışımların yeşil ot verimlerinin 4360.0 – 7604.0 kg da⁻¹ arasında değiştiğini, yalın soya fasulyesinde 2153.0 kg da⁻¹, yalın sorgum da ise 10560 kg da⁻¹ verim elde edildiğini, Erdoğan ve diğerleri (2021) Mardin ilinde silajlık mısır ve soya fasulyesinin farklı oranlarda karışık ekimlerini değerlendirmek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, karışımlarda en yüksek yeşil ot veriminin 60M40S ve 70M30S karışık ekim oranlarından sırasıyla 7107.1 ve 6833.3 kg da⁻¹ olarak gerçekleştiğini bildirmiştir.

Özetlenen literatür verileri değerlendirildiğinde, çalışmamızdan elde edilen yeşil ot verimi değerlerinin, diğer araştırmacıların farklı lokasyonlarda elde ettiği değerlerle uyumlu

olduğu belirlenmiştir.

4.1.5. Kuru ot verimi (kg da⁻¹)

Araştırmada silajlık mısır ve sorgum-sudanotu melezi bitkilerinin yalın, kendi aralarında farklı oranlarda karışımları ve ayçiçeği ve soya fasulyesi ile eşit oranda karışımlarını içeren 13 farklı işlem ele alınmış, bu kapsamda işlemlerin kuru ot verimi düzeyleri de belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.8’de sunulmuştur. Yapılan varyans analizi sonucunda, uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli fark olduğu belirlenmiştir (p<0.01). Bununla birlikte işlemlerden 2024 yılında elde edilen kuru ot veriminin, 2023 yılına kıyasla daha yüksek olduğu, yıllar arasında farklılığın % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

Çalışmanın ilk yılında, işlemlerde kuru ot verimi 828.0 – 2549.0 kg da⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek verim 1 numaralı işlem olan yalın silajlık mısırdan (2549.0 kg da⁻¹), en düşük verim ise 3 numaralı işlem (yalın SF) 828.0 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. İkinci yılda ise işlemlerde kuru ot verimi 1596.0 – 3576.0 kg da⁻¹ arasında değişmiş, ilk yıldan farklı olarak en yüksek verim 2 numaralı işlem olan yalın SSM’de (3576.0 kg da⁻¹), en düşük verim ise 3 numaralı işlemde 1596.0 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.8. İşlemlerin ortalama kuru ot verimleri (kg da⁻¹)

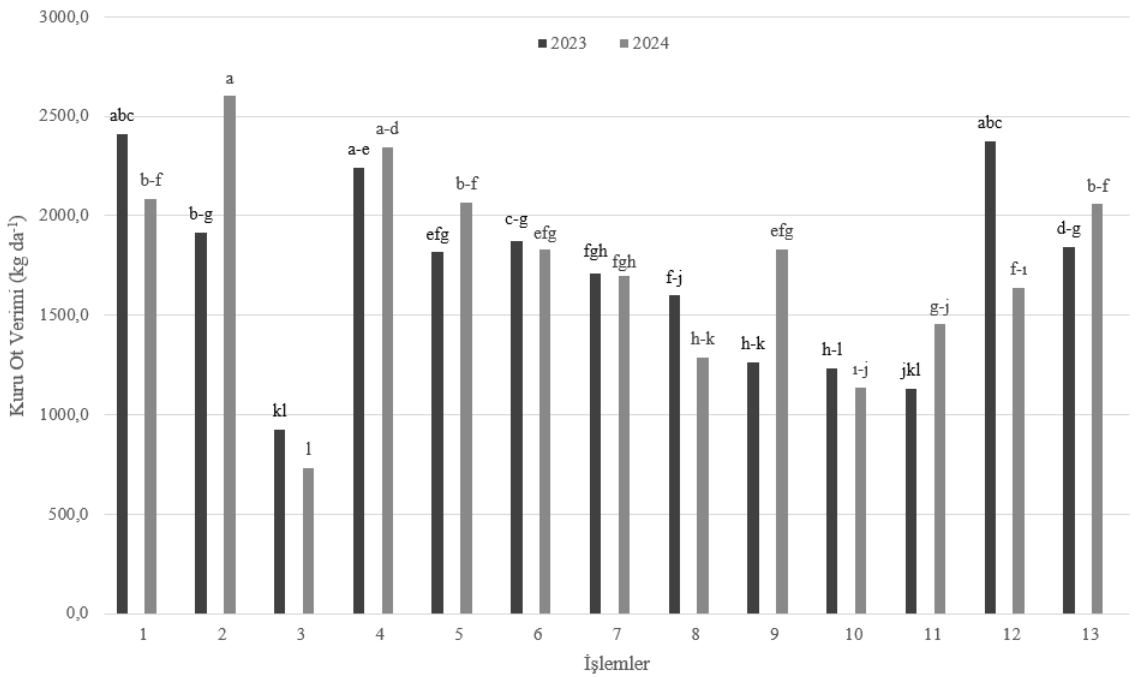
Sıra no	İşlemler	2023 **		2024 **		Ortalama **	
1	SM	2549.0	a	2934.7	bc	2741.9	ab
2	SSM	2050.7	cd	3576.0	a	2813.3	a
3	SF	828.0	h	1596.0	g	1212.0	d
4	AY	2126.1	bc	2364.4	de	2245.2	a-d
5	% 75 SM + % 25 SSM	2054.3	cd	2761.0	bcd	2407.6	abc
6	% 50 SM + % 50 SSM	1949.9	cde	2919.9	bc	2434.9	abc
7	% 25 SM + % 75 SSM	1799.0	e	3132.7	b	2465.8	abc
8	% 50 SM + % 50 SF	1835.1	de	2094.1	ef	1964.6	a-d
9	% 50 SSM + % 50 SF	1246.7	fg	2787.3	bc	2017.0	a-d
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	1416.4	f	1847.4	fg	1631.9	cd
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	1071.3	g	2364.7	de	1718.0	bcd
12	% 50 SM + % 50 AY	2303.7	b	2662.1	cd	2482.9	abc
13	% 50 SSM + % 50 AY	1918.0	cde	2668.7	cd	2293.4	abc
	<i>Ortalama**</i>	<i>1780.6</i>	<i>B</i>	<i>2593.0</i>	<i>A</i>		

** p<0.01 düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

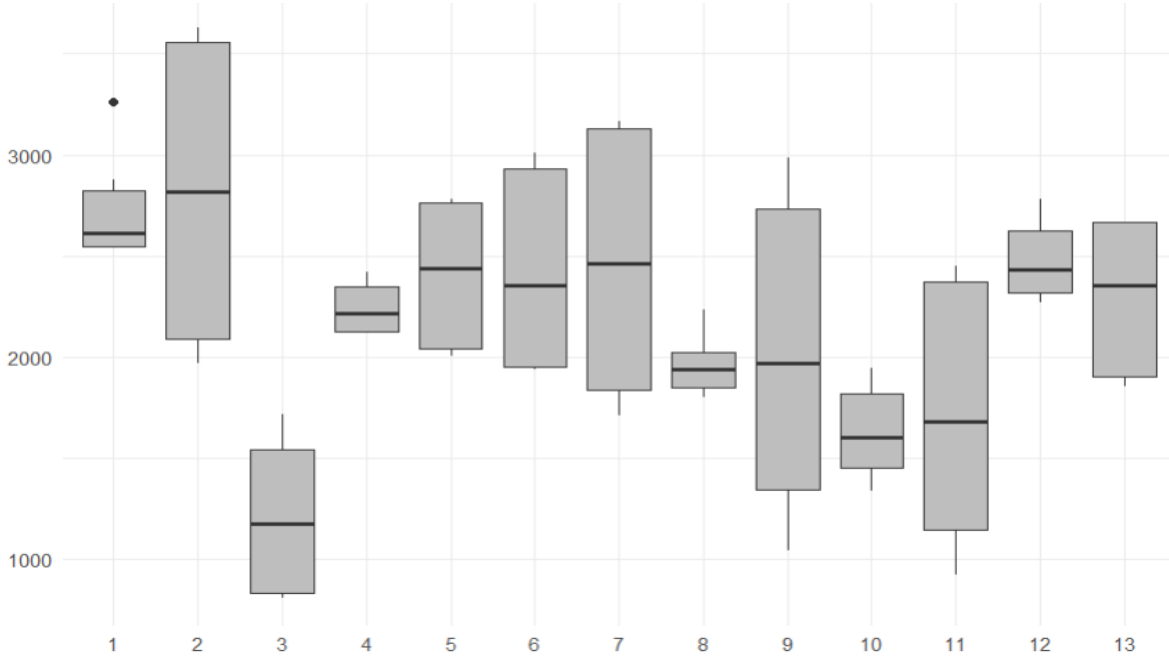
2023 ve 2024 yılları birleştirilmiş analizinde işlemlerde kuru ot verimi 1212.0 – 2813.3 kg da⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek verim 2 numaralı işlemde elde edilmiş, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En düşük verimin elde edildiği Yalın SF ve 10 (% 50 SM + % 50 SF ÜG-) ve 11 numaralı (% 50 SSM + % 50 SF

ÜG-) işlemler bu grubun dışında yer almıştır. Bu işlemlerden elde edilen kuru ot verimi sırasıyla 1212.0, 1631.9 ve 1718.0 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Yeşil ot veriminde olduğu gibi yalnız SF işleminden, SSM, SM ve AY gibi yüksek verimli bitkilerin yer aldığı diğer işlemlere kıyasla daha az verim almıştır. Yine SF'nin karışımında eşit oranda yer aldığı ve üst gübre uygulaması yapılmayan 10 ve 11 numaralı işlemlerin de düşük verim grubunda yer almasının, SF'nin nispeten düşük veriminin yanı sıra yetersiz azotlu gübrelemeden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Kuru ot verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır (p<0.01). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek kuru ot verimi 2601.0 kg da⁻¹ ile 2024 yılında yalnız SSM işleminden (2024-2) belirlenirken, bu işlem 2023-1, 2023-4, 2023-12, 2024-4 işlemleri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük kuru ot verimi ise 2024 yılında yalnız SF işleminde (2024-3) tespit edilmiştir. Şekil 4.10'da verilen kutu grafiği incelendiğinde ise bu bilgiyi teyit eder biçimde, 2, 7, 9 ve 11 numaralı işlemlerde belirlenen kuru ot verimi değerlerinde varyasyonun daha yüksek olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.9. Kuru ot verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.10. Kuru ot verimine ilişkin kutu grafiği analizi.

Yıldız ve diğerleri (2017) İzmir Ödemiş ve Kiraz lokasyonlarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında silajlık mısır kuru ot veriminin 2767.3 – 3608.1 kg da⁻¹ arasında gerçekleştiğini, Çelebi ve Türk (2021), farklı sulama suyu miktarları ile Isparta lokasyonunda gerçekleştirdikleri çalışmalarında silajlık mısır kuru ot veriminin 1665.9 – 2506.8 kg da⁻¹ arasında değiştiğini, Lu ve diğerleri (2024) Çin Halk Cumhuriyetinin Gansu eyaletinde 1287 m rakımda bulunan ve yağmurla beslenen bir alanda sulama olmaksızın farklı azotlu gübreleme dozları ile gerçekleştirildikleri çalışmalarında silajlık mısır için kuru ot verimini 940.0 – 2110.0 kg da⁻¹ aralığında değiştiğini, Lima ve diğerleri (2022) Brezilyada çiftçilere ait üretim alanlarında örnekleme yapmak sureti ile yaptıkları çalışmalarında silajlık mısır ortalama kuru ot verimini ana ürün ve ikinci ürün üretimler için sırasıyla 1317.0 ve 1322.0 kg da⁻¹ olarak belirlendiğini, Jimenez ve diğerleri (2004) 2000 ve 2020 yılları arasında yapılan çalışmaları taramak sureti ile yaptıkları çalışmalarında silajlık mısır için kuru madde verimi ortalamasının Asya, Avrupa, Kuzey Amerika ve Avrupa kıtaları için sırasıyla 2560.0 ve 1790.0 kg da⁻¹ olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Göçer ve Karadağ (2022), Tokat ilinde ikinci ürün olarak 5 sorgum-sudanotu melezi çeşidi kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında kuru ot veriminin 963.9 – 1661.5 kg da⁻¹ arasında değiştiğini, Bilen ve Türk (2021), Uşak ili Banaz ilçesinde 4 sorgum-sudanotu melezi ile yürüttükleri çalışmalarında 1177.0 – 1314.0 kg da⁻¹, Kır ve Şahan (2019) Kırşehir koşullarında üç sorgum ve altı sorgum-sudanotu melezi çeşidi ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında kuru ot veriminin 1185.5-2895.7 kg da⁻¹, Özel ve Acar (2020) ekim normunun

soya fasulyesi verimine etkilerini araştırmak için Adana ilinde yaptıkları çalışmalarında kuru ot veriminin 904.0-1128.3 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişler ve Yıldız ve Erdoğan (2018) Van koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, ayçiçeği bitkisinin ortalama kuru ot verimini 1517.3 kg da⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Verilen literatür bilgilerinden de göröleceği üzere, araştırmada yer alan bitkilerin kuru ot verimleri, tür ve çeşitlerin genetik kapasiteleri, iklim koşulları ve uygulanan tarımsal işlemlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Araştırmamızda yer alan işlemlerden elde edilen kuru ot verimleri bu kapsamda değerlendirildiğinde diğer araştırmacıların elde ettiği kuru ot verimi değerleri uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

4.1.6. Silaj verimi (kg da⁻¹)

Araştırmada elde edilen silaj verimi değerleri Tablo 4.9’da verilmiştir. Yapılan tek yönlü varyans analizi neticesinde işlemlerden elde edilen değerler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak çok önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.01).

Tablo 4.9. İşlemlerin ortalama silaj verimleri (kg da⁻¹)

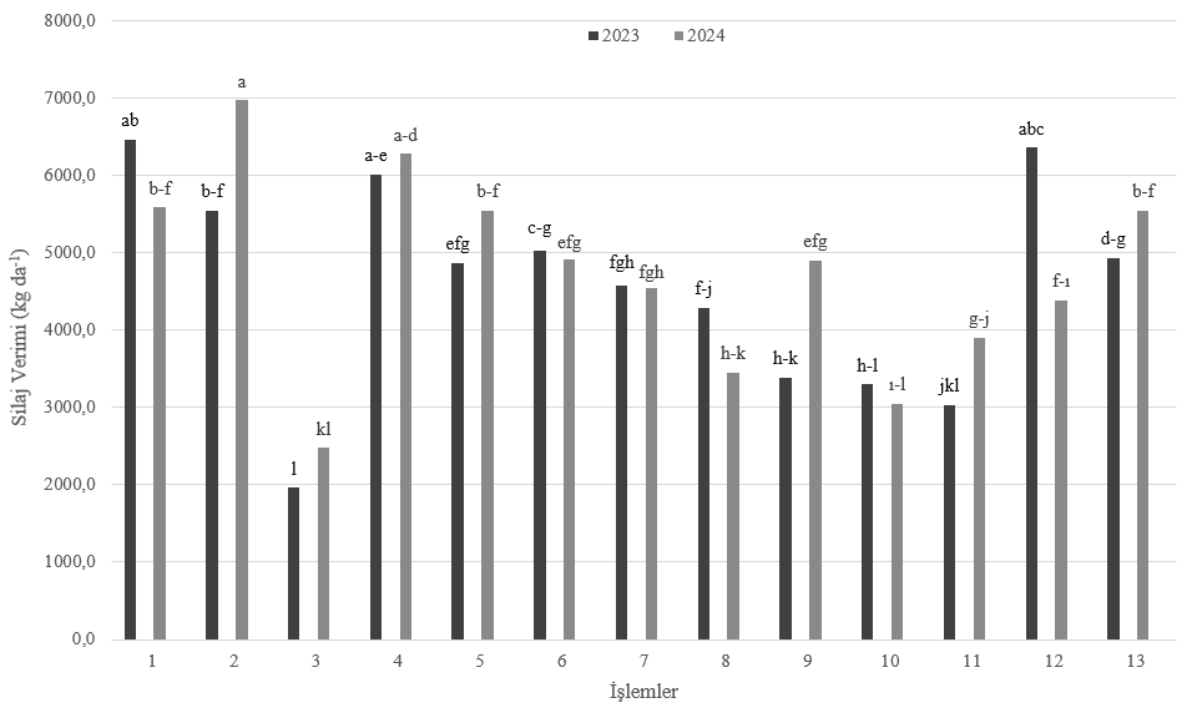
Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama **
1	SM	6827.6 a	7860.9 bc	7344.3 ab
2	SSM	5492.8 cd	9578.6 a	7535.7 a
3	SF	2217.9 h	4275.0 g	3246.4 d
4	AY	5694.9 bc	6333.2 de	6014.0 a-d
5	% 75 SM + % 25 SSM	5502.6 cd	7395.4 bcd	6449.0 abc
6	% 50 SM + % 50 SSM	5222.9 cde	7821.2 bc	6522.0 abc
7	% 25 SM + % 75 SSM	4818.6 e	8391.1 b	6604.9 abc
8	% 50 SM + % 50 SF	4915.4 de	5609.1 ef	5262.2 a-d
9	% 50 SSM + % 50 SF	3339.3 fg	7466.1 bc	5402.7 a-d
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	3793.9 f	4948.4 fg	4371.2 cd
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	2869.6 g	6333.9 de	4601.8 bcd
12	% 50 SM + % 50 AY	6170.7 b	7130.8 cd	6650.7 abc
13	% 50 SSM + % 50 AY	5137.4 cde	7148.4 cd	6142.9 abc
<i>Ortalama**</i>		<i>4769.5 B</i>	<i>6945.6 A</i>	

** p<0.01 düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

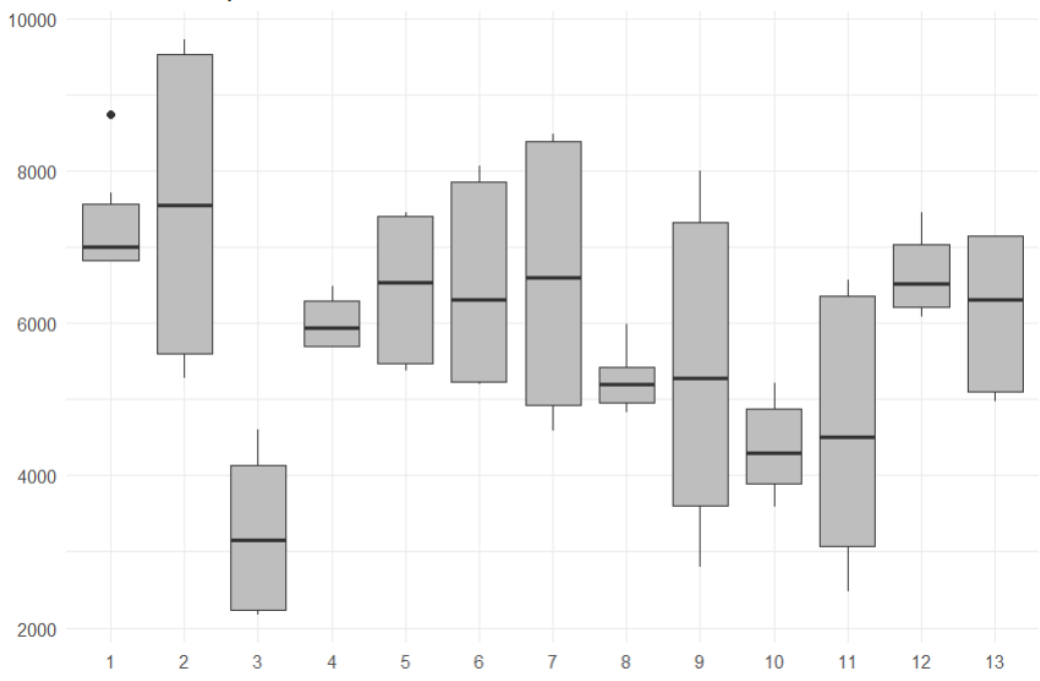
Çalışmanın ilk yılında, işlemlerde silaj verimi 2217.9- 6827.6 kg da⁻¹ arasına değişmiş, en yüksek verim 1 numaralı işlem olan yalın SM’den (6827.6 kg da⁻¹), en düşük verim ise 3 numaralı işlemde (yalın SF) 2217.9 kg da⁻¹ düzeyinde elde edilmiştir. İkinci yılda işlemlerde silaj verimi 4275.0 - 9578.6 kg da⁻¹ arasında değişmiş, ilk yıldan farklı olarak en yüksek verim 2 numaralı işlem olan yalın SSM’de (9578.6 kg da⁻¹), en düşük verim 3 numaralı işlemde (yalın SF) belirlenmiştir.

İki çalışma yılının değerleri bir arada analiz edildiğinde, silaj veriminin 3246.4- 7535.7 kg da⁻¹ arasında değiştiği, en yüksek verimin yalnız SSM ekimi yapılan 2 numaralı işlemde elde edildiği, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12 ve 13 numaralı işlemlerin de yalnız SSM ile istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı görülmüştür. En düşük verim ise 3 numaralı işlemde elde edilmiştir.

Silaj verimine ait yıl x işlem etkileşim grafiği Şekil 4.11’de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki etkileşimin çok önemli olduğu saptanmıştır (p<0.01). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek silaj verimi 6967.1 kg da⁻¹ ile 2024 yılında yalnız SSM işleminden (2024-2) belirlenirken, bu işlem 2023-1, 2023-4, 2023-12, 2024-4 işlemleri ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük silaj verimi ise 2024 yılında yalnız SF işleminde (2024-3) tespit edilmiştir. Şekil 4.12’de verilen kutu grafiği incelendiğinde ise 1, 4, 8 ve 12 numaralı işlemlerde varyasyonun diğer işlemlere kıyasla daha da bir aralıkta gerçekleştiği görülebilmektedir.



Şekil 4.11. Silaj verimine ait yıl x işlem etkileşim grafiği



Şekil 4.12. Silaj verimine ilişkin kutu grafiği analizi

Yozgatlı ve diğerleri (2019), Yozgat ilinde farklı silajlık mısır çeşitleri ile yaptıkları çalışmalarında silaj veriminin 7698.0 - 8932.0 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirirken, Bilecik ilinde aynı lokasyonda, 22 farklı mısır çeşidi ile gerçekleştirdiğimiz bir çalışmada silajlık mısır bitkilerinin silaj verimleri 5665.4 - 9971.30 kg da⁻¹ arasında belirlenmiş (Burgu ve Mut, 2023), Karaer ve diğerleri (2021) ise aynı lokasyonda 5 farklı çeşit ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında silajlık mısırdaki silaj veriminin 6380.0 – 9460.0 kg da⁻¹ aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Alaca ve Özasan Parlak (2017) Çanakkale şartlarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, mısır ve sorgum-sudanotu melezinin, soya fasulyesi, börülce, guar ile yalın ve ikili karışımlarının verim ve kalitesini karşılaştırmış, yalın SM için 9700 kg da⁻¹, yalın SSM için 4341 kg da⁻¹, yalın SF için 2410 kg da⁻¹, SM+SF için 4442 kg da⁻¹, SSM+SF için 3090 kg da⁻¹ silaj verimi bildirmişlerdir. Araştırmacıların buldukları değerler SM (1 numaralı işlem) için bizim değerlerimizden bir miktar yüksek olmasına rağmen SSM (2 numaralı işlem), SM+SF (8 numaralı işlem) ve SSM+SF (9 numaralı işlem) için daha düşüktür. Bu durumun uygulanan tarımsal işlemler, iklim koşulları ve kullanılan çeşitlerin farklı olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

4.2. Kuru ot kalitesine ilişkin özellikler

4.2.1. Ham protein verimi (kg da⁻¹)

Araştırmada elde edilen kuru ot ham protein verimleri Tablo 4.10'da verilmiştir. Tesadüf blokları deneme deseni esas alınarak yapılan varyans analizine göre, 2023 ve 2024 yılı değerlerinde uygulamalar arasında $p < 0.01$ düzeyinde çok önemli farklılık olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.10. Kuru otta belirlenen ortalama ham protein verimleri (kg da⁻¹)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama
1	SM	217.7 abc	309.5 a	263.6
2	SSM	143.1 def	279.6 abc	211.3
3	SF	90.6 f	216.4 bc	153.5
4	AY	227.7 ab	299.9 a	263.8
5	% 75 SM + % 25 SSM	175.1 b-e	238.9 abc	207.0
6	% 50 SM + % 50 SSM	150.8 c-f	272.0 abc	211.4
7	% 25 SM + % 75 SSM	163.2 b-f	261.0 abc	212.1
8	% 50 SM + % 50 SF	184.3 a-e	242.0 abc	213.2
9	% 50 SSM + % 50 SF	123.0 ef	291.9 ab	207.4
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	123.1 ef	203.2 c	163.1
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	89.5 f	231.9 abc	160.7
12	% 50 SM + % 50 AY	254.2 a	275.4 abc	264.8
13	% 50 SSM + % 50 AY	201.7 a-d	202.2 c	202.0
<i>Ortalama**</i>		<i>164.9 B</i>	<i>255.7 A</i>	

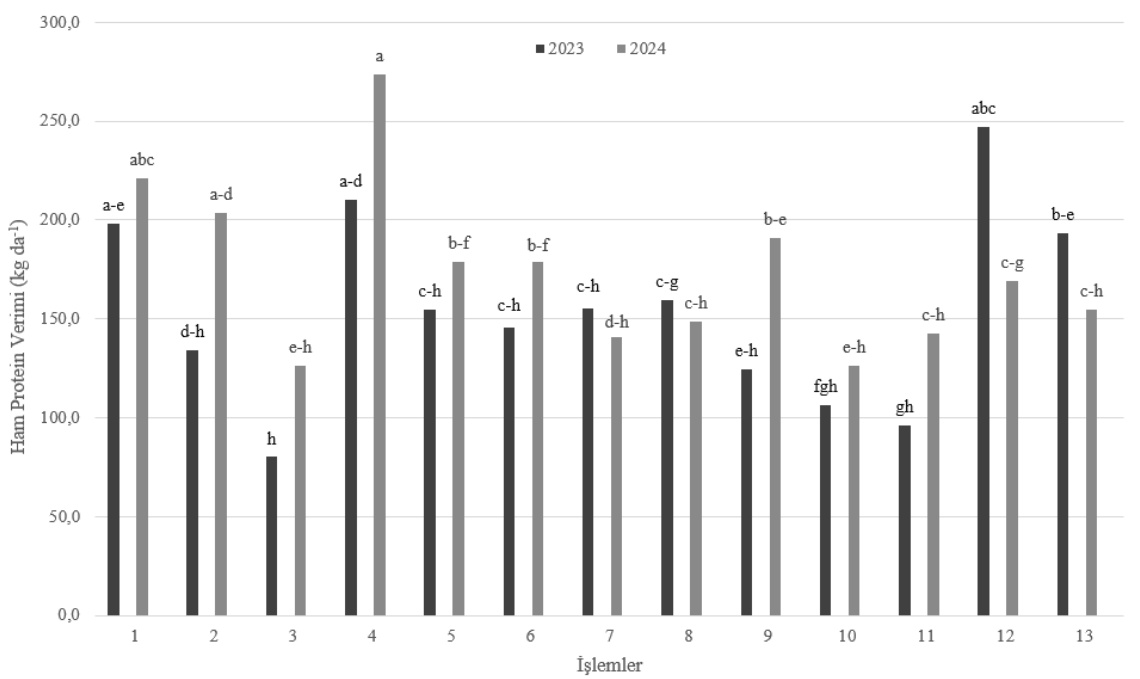
** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

İlk çalışma yılında, işlemlerde protein verimi 89.59- 254.2 kg da⁻¹ arasına değişmiş, en yüksek verim 12 numaralı işlemde (% 50 SM + % 50 AY) belirlenmiş olup, 1, 4, 8, ve 13 numaralı işlemler de bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük protein verimi ise 11 numaralı işlemde belirlenmiş (% 50 SSM + % 50 SF ÜG-), 3 numaralı işlem de bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. İkinci yılda kuru ottan elde edilen protein verimi 202,2-309,5 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek protein verimi yalnız SM ekimi yapılan 1 numaralı işlemde elde edilmiş, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 ve 12 numaralı işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük protein verimi ise 13 numaralı (% 50 SSM + % 50 AY) işlemde belirlenmiş, 10 numaralı işlem de aynı istatistiksel grupta yer almıştır. İki çalışma yılında elde edilen değerlerin birleştirilmiş analizinde işlemler arasında anlamlı farklılık belirlenememiş, ortalama ham protein verimi 153.5–264.8 kg da⁻¹ arasında değişmiştir.

İki yılın birleştirilmiş varyans analizinde işlemler arasında istatistiksel olarak fark bulunamaması yıl x işlem interaksyonunun yüksek olmasından kaynaklandığı

değerlendirilmiştir. Örneğin 9 ve 13 numaralı işlemlerin yıllara göre performans sıralamasındaki zıt değişimler, iklimsel faktörlerin (özellikle ikinci yıldaki elverişli koşulların) her karışım üzerinde aynı etkiyi yaratmadığını, bazı karışımların çevresel iyileşmelere daha yüksek tepki verdiğini göstermektedir. Araştırmada yıllık değişim dikkate alındığında, ikinci yıldaki protein verimlerinin genel olarak daha yüksek olduğu, bu artışın, araştırmanın ikinci yılında bazı ürünlerden daha fazla kuru ot verimi alınması ile paralel seyrettiği görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonuçları da kuru otta ham protein verimi bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak çok anlamlı fark olduğunu göstermiştir ($p<0.01$).

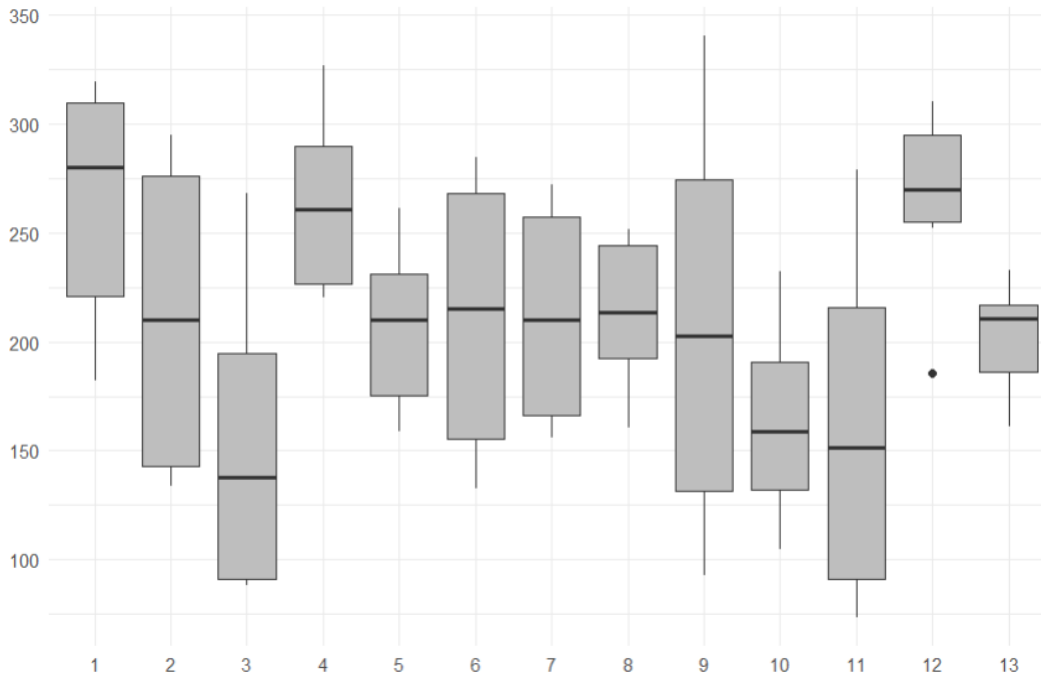
Kuru ot ham protein verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.13'de verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek kuru ot ham protein verimi 273.9 kg da^{-1} ile 2024 yılında yalın AY işleminden (2024-4) belirlenirken, bu işlem 2023-1, 2023-4, 2023-12, 2024-1 ve 2024-2 işlemleri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük ham protein verimi ise 2023 yılında yalın SF işleminde (2023-3) tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Kuru ot ham protein verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği

Şekil 4.14'de verilen kutu grafiği incelendiğinde ise 12 ve 13 numaralı işlemlerde varyasyonun diğer işlemlere kıyasla daha dar bir aralıkta gerçekleştiği, 9 numaralı işlemde ise iki yıl ve 3 tekrardan elde edilen 6 protein veriminin geniş bir aralıkta dağıldığı ancak elde

edilen 6 değerde arasında aykırı değer bulunmadığı görülebilmektedir. Daha önce de açıklandığı gibi, kutu grafiklerinde, kutulardan aşağı ve yukarı uzanan çizgiler bıyıkların uç noktaları, aykırı değerler hariç en küçük ve en büyük değeri göstermektedir. Herhangi bir değer, çeyrekte yer alan ve kutu alt ve üst çizgileri ile gösterilen değerler ile farkı, çeyrekler arası açıklığın 1,5 katını aşması durumunda bu değerler aykırı değer olarak belirlenmekte ve grafikte nokta ile gösterilmektedir. Şekil 4.14’de bulunan grafikte 12 numaralı işlemde belirlenen bir değer aynı işlemdeki diğer protein verimi değerlerinden ayrıştığı görülebilmektedir.



Şekil 4.14. Kuru ot ham protein verimine ilişkin kutu grafiği analizi

Meşe ve Gülümser (2021) araştırma ile aynı lokasyonda 18 farklı silajlık mısır çeşidi ile gerçekleştirdikleri çalışmada, çeşitlerin protein verimlerinin 207.4 – 353.6 kg da⁻¹ aralığında değiştiğini tespit etmiştir. Araştırmacılar tarafından farklı lokasyonlarda yürütülen çalışmalarda ise Budaklı Çarpıcı (2016), Bursa ilinde 4 farklı silajlık mısır çeşidi ile yaptığı çalışmasında, 74.7 – 147.5 kg da⁻¹ arasında, Alagöz ve Türk (2020), Isparta ilinde farklı silajlık mısır çeşitleri ile yaptıkları çalışmalarında 168.2 – 214.4 kg da⁻¹ arasında, Kır ve Ünsal (2021), Kırşehir ilinde farklı sıra üzeri mesafelerin etkisinin belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, 126.4 - 151.7 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Kara ve diğerleri (2019) Aydın ilinde sorgum-sudanotu melezi üretiminde farklı gübre dozlarının etkisinin belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, 93.9 – 164.9 kg da⁻¹

arasında, Bilen ve Türk (2021), Uşak ili Banaz ilçesinde 4 sorgum-sudanotu melezi ile yaptıkları çalışmalarında, 83.2 – 102.9 kg da⁻¹ arasında, Erecek ve diğerleri (2021), Çanakkale ilinde yaptıkları çalışmalarında, 210.1 – 227.9 kg da⁻¹ arasında ham protein verimi bildirmişlerdir.

Kitapçı ve diğerleri (2024) Van ilinde farklı ekim zamanları ve iki soya fasulyesi çeşidi ile yaptıkları çalışmada 27.3 – 89.9 kg da⁻¹ arasında, Batista ve diğerleri (2018) Brezilyada farklı oranlarda mısır ve soya fasulyesi karışık ekimini denedikleri çalışmalarında 196.3 – 256.3 kg da⁻¹ arasında ham protein verimi bildirmiş, Soe Htet ve diğerleri (2021) Çin Halk Cumhuriyetinde silajlık mısırın yalın ve soya fasulyesi ile birlikte ekimini araştırdıkları çalışmalarında, en düşük protein verimini 180.0 kg da⁻¹ (yalın SM), en yüksek protein verimini 210.0 kg da⁻¹ (1 sıra SM + 3 sıra SF) bildirmişlerdir.

Çalışmamızda 153.5–264.8 kg da⁻¹ aralığında belirlenen ham protein verimi, yukarıda sayılan bazı çalışmalarda bulunan değerler ile uyumludur (Meşe ve Gülümser, 2021; Alagöz ve Türk, 2020; Batista vd., 2018; Soe Htet vd., 2021). Diğer çalışmalar ile oluşan farklılığın kullanılan çeşitler, tarımsal uygulamalar ve iklim farklılıklarından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir. Nitekim Damian ve diğerleri (2017) Brezilyada farklı gübre dozlarının silajlık mısır ve sorgum üretiminde kuru madde ve ham protein verimine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ham protein veriminin tüm mısır ve sorgum bitkilerinde N dozlarıyla önemli ölçüde arttığını, mısır için, maksimum N dozunda (200 kg ha⁻¹) elde edilen maksimum ham protein veriminin, 160.8 kg.ha⁻¹ ile 201.6 kg.ha⁻¹ arasında değiştiğini ve sıfır N dozuna göre sırasıyla % 65.7 ve % 312.9 oranında artış gösterdiğini, sorgumdan 2013 ve 2014 yıllarında sırasıyla 283.8 kg.ha⁻¹ ve 83.6 kg.ha⁻¹ ham protein elde edildiğini, maksimum N dozunun sıfır N dozuna göre sırasıyla % 93.1 ve % 59.5 oranında ham protein verimi artışı sağladığını tespit etmiştir.

4.2.2. Asit deterjanda çözünmeyen lif (%)

Ağırlıklı olarak selüloz ve lignin içeriğinden oluşan ADF bitkilerde odunlaşmış hücre duvarı içeriğini temsil eder, ADF yükseldikçe sindirilebilir kuru madde azalır ve yüksek ADF düşük yem kalitesi ile ilişkilendirilir (Van Soest vd., 1991; Hansen ve Lawrence, 2017; Lemaire ve Balenger, 2019; Javier-Astete, 2021).

Araştırmada kuru otta belirlenen ADF oranları Tablo 4.11’de verilmiştir. Tesadüf blokları deneme deseni esas alınarak yapılan varyans analizi sonucunda, 2024 yılı değerlerinde

uygulamalar arasında $p < 0.01$ düzeyinde çok önemli farklılık olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın her iki yılında elde edilen ADF oranlarının birlikte değerlendirildiği varyans analizinde işlemlerden elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmüş ancak kuru otta ADF oranı bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak çok anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Bu sonuca göre iklim koşullarının lif oranının üzerinde etkili bir unsur olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 4.11. Kuru otta belirlenen ortalama ADF oranları (%)

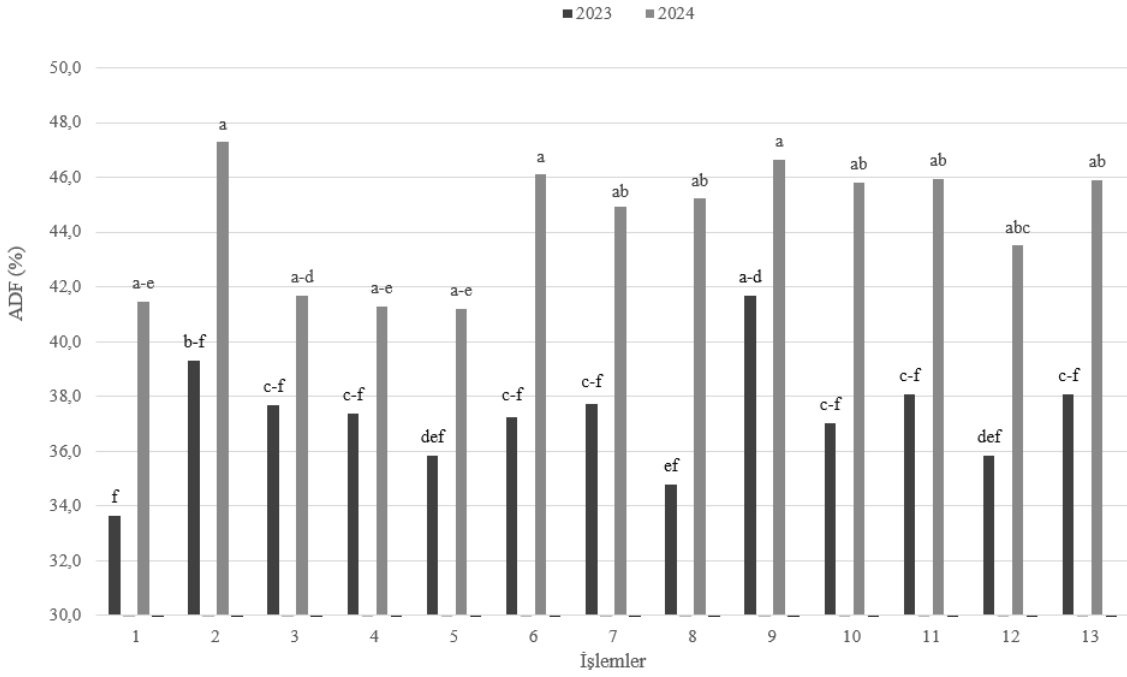
Sıra no	İşlemler	2023	2024**	Ortalama
1	SM	33.63	41.48 bc	37.56
2	SSM	39.32	47.29 a	43.30
3	SF	37.67	41.69 bc	39.68
4	AY	37.38	41.30 c	39.34
5	% 75 SM + % 25 SSM	35.85	41.22 c	38.53
6	% 50 SM + % 50 SSM	37.24	46.14 abc	41.69
7	% 25 SM + % 75 SSM	37.73	44.93 abc	41.33
8	% 50 SM + % 50 SF	34.78	45.22 abc	40.00
9	% 50 SSM + % 50 SF	41.70	46.64 ab	44.17
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	37.03	45.81 abc	41.42
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	38.07	45.94 abc	42.00
12	% 50 SM + % 50 AY	35.86	43.51 abc	39.68
13	% 50 SSM + % 50 AY	38.08	45.90 abc	41.99
<i>Ortalama**</i>		<i>37.3 B</i>	<i>44.4 A</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

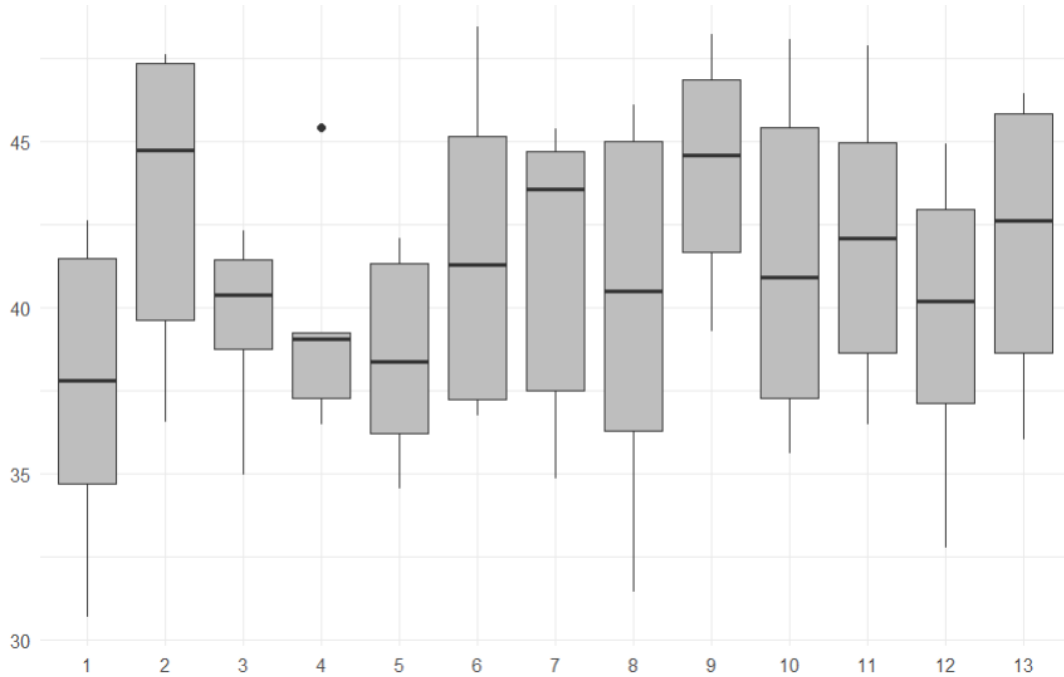
İlk çalışma yılında, kuru ot örneklerinde ADF değerleri % 33.63 – 41.70, ikinci yılda % 41.22 – 47.29 ve iki yılın verileri birlikte değerlendirildiğinde ise % 37.56 – 43.30 arasında değişmiştir. 2024 yılında en yüksek ADF değeri 2 numaralı işlemde belirlenmiş, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler de istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük ADF oranı 5 numaralı işlemde tespit edilmiş, yalnız AY ekimi yapılan 4 numaralı işlem de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Kuru ot ADF oranlarına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.15’de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek ADF oranı % 47.3 ile 2024 yılında yalnız SSM işleminden (2024-2) belirlenirken, bu işlem 2023-9 ve 2024 yılında ele alınan diğer tüm işlemler ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük ADF oranı ise 2023 yılında yalnız SM işleminden (2023-1) tespit edilmiştir. Şekil 4.16’de verilen kutu grafiği

incelendiğinde ise 4 numaralı (yalın SF) işlemden elde edilen kuru ot ADF oranındaki varyasyonun diğer işlemlere kıyasla daha az olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.15. Kuru ot ADF oranına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.16. Kuru ot ADF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi.

Akkeçeci (2024), Kahramanmaraş ili Göksu ilçesinde farklı yeşil gübre uygulamalarını test etmek amacıyla yaptığı çalışmasında silajlık mısırdaki ADF oranının %27.93 – 32.71 aralığında, Bilen ve Türk (2021), Uşak ilinde farklı sorgum-sudanotu melezi çeşitlerini kullanarak yaptıkları çalışmalarında, ADF oranının % 35.86 – 40.15 aralığında değiştiğini,

Temür ve diğerleri (2021), AY ve SF ile karışımlarının ot kalitesini değerlendirdikleri çalışmalarında, ADF oranlarının AY için %38.89, SF için %37.49 olarak belirlendiğini, AY+SF karışımlarında ise % 37.11 - 37.91 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacıların çalışmaları değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçların çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır.

4.2.3. Nötral deterjanda çözünmeyen lif (%)

Araştırmada kuru ot örneklerinde belirlenen NDF oranları Tablo 4.12' de verilmiş, tablo dipnotunda belirtildiği gibi yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, her iki yıl ve yışşarın birleştirilmiş analizinde yemlerin NDF içerikleri arasında çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). İki çalışma yılı arasında kuru otta NDF değerleri bakımından istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı belirlenmiştir.

2023 yılında kuru ot örneklerinde belirlenen NDF oranlarının % 50.36 – 68.85 arasında olduğu tespit edilmiş, en yüksek NDF oranı 2 numaralı işlemde belirlenmiş, 1, 5, 6, 7 ve 9 numaralı işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük NDF oranı ise 3 numaralı işlemde belirlenmiş, 4 ve 8 numaralı işlem de bu işlem ile aynı grupta yer almıştır.

Tablo 4.12. Kuru otta belirlenen ortalama NDF oranları (%)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama **
1	SM	59.36 a-e	60.28 bcd	59.82 cd
2	SSM	68.85 a	73.47 a	71.16 a
3	SF	50.36 e	50.45 ef	50.41 e
4	AY	50.68 e	48.04 f	49.36 e
5	% 75 SM + % 25 SSM	63.31 a-d	61.70 bcd	62.50 bc
6	% 50 SM + % 50 SSM	65.49 abc	67.43 ab	66.46 ab
7	% 25 SM + % 75 SSM	67.44 ab	65.83 abc	66.63 ab
8	% 50 SM + % 50 SF	53.11 e	60.12 bcd	56.62 cd
9	% 50 SSM + % 50 SF	63.77 a-d	60.48 bcd	62.13 bc
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	56.77 cde	59.32 cd	58.04 cd
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	58.29 b-e	60.86 bcd	59.57 cd
12	% 50 SM + % 50 AY	54.09 de	55.90 de	55.00 de
13	% 50 SSM + % 50 AY	57.68 b-e	62.27 bcd	59.97 cd
<i>Ortalama</i>		<i>59.2</i>	<i>60.5</i>	

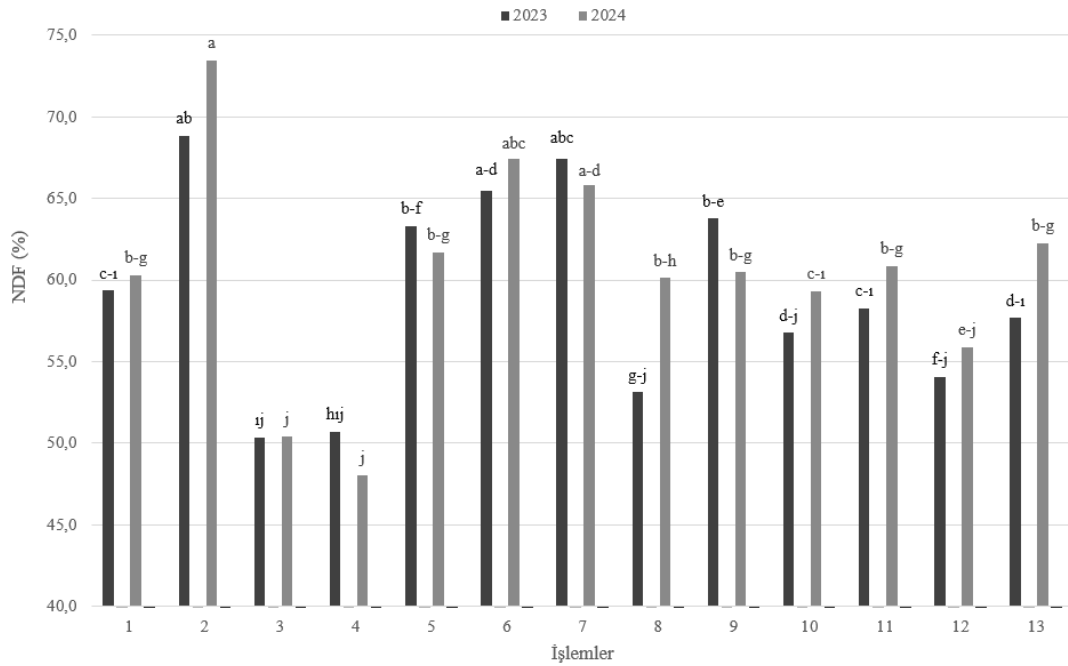
** $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

2024 yılında işlemlerden elde edilen kuru ot örneklerinde NDF içeriklerinin % 48.04 – 73.47 arasında olduğu tespit edilmiş, en yüksek NDF 2 numaralı işlemde belirlenmiş, 6 ve 7

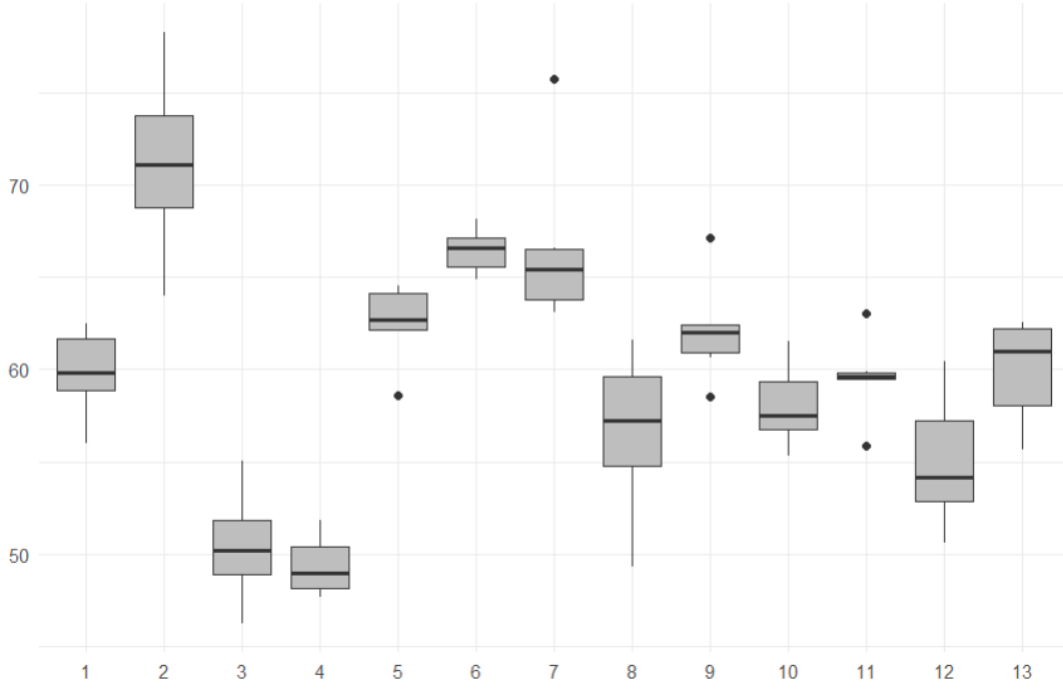
numaralı işlemler bu işlem ile aynı grupta yer almıştır. En düşük NDF ortalaması ise % 48.04 ile yalın AY işleminden elde edilmiştir.

İki çalışma yılına ait değerler birlikte değerlendirildiğinde ise NDF ortalamalarının % 49.36 – 71.16 arasında olduğu tespit edilmiş, en yüksek NDF içeriği yalın SSM ekimi yapılan parselde belirlenmiş, 6 ve 7 numaralı işlemler de bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük NDF ortalaması 4 numaralı işlemde elde edilmiş, 3 numaralı işlem de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Kuru ot NDF oranlarına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.17’de verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek NDF oranı % 73.5 ile 2024 yılında yalın SSM işleminden (2024-2) belirlenirken, bu işlem 2023-2, 2023-6, 2023-7, 2024-6 ve 2024-7 işlemleri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük NDF oranı ise 2024 yılında yalın AY işleminden (2024-4) tespit edilmiş, bu işlem 2024-3 işlemi ile aynı grupta yer almıştır. Şekil 4.18’de verilen kutu grafiğinde de görülebileceği üzere işlemlerden elde edilen kuru ot NDF oranındaki varyasyon oldukça kısıtlıdır. Şekil 4.18’de bulunan, büyük sınırları dışında nokta ile gösterilen aykırı değerlere sahip 5, 7, 9 ve 11 numaralı işlemlerde dahi NDF oranları belirli bir aralıkta sınırlı kalmıştır.



Şekil 4.17. Kuru ot NDF oranına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.18. Kuru ot NDF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi

Getachew ve diğerleri (2016) sorgumun hayvan yemi olarak kullanımına ilişkin literatürü özetlemek için yaptıkları derleme çalışmasında, farklı sulama seviyeleri ve farklı biçim zamanlarında sorgumda NDF oranının % 61.5 – 65.8 arasında değiştiğini, Yılmaz ve diğerleri (2020) Samsun ili Çarşamba ilçesinde 10 farklı mısır çeşidi ile yaptıkları çalışmalarında, çeşitlerden elde ettikleri kuru ot örneklerinde NDF içeriğinin % 42.40 - 56.00 arasında değiştiğini, Ateş ve Çağan (2023) Bingöl ilinde 8 farklı silajlık mısır çeşidi ve 2 farklı taban gübresi uygulaması ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında % 41.9 – 48.4 arasında değiştiğini, Kitapçı ve diğerleri (2024) Van ilinde farklı ekim zamanları ve iki soya fasulyesi çeşidi ile yaptıkları çalışmada, NDF oranını % 42.5 – 43.3 aralığında, Alaca ve Özaslan Parlak (2017) mısır ve sorgum-sudanotu melezinin, yalın ve çeşitli baklagil bitkileri karışık ekimlerinde yem verimi ve kalitesini araştırdıkları çalışmalarında, ortalama NDF içeriklerini yalın SM için % 49.55, yalın SF için % 41.38, yalın SSM için % 67.95, SM+SF için %43.43 ve SSM+SF için %60.82 olarak bildirmişlerdir. Yapılan literatür taraması neticesinde çalışmada elde edilen değerlerin diğer araştırmacılar tarafından belirlenen değerler ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.2.4. Mineral madde içeriği (%)

Bir yemin besin değeri, kimyasal bileşimini oluşturan ve hayvanların sağlığını, verimini desteklemek için gerekli olan enerji, protein, mineral, vitamin ve diğer besinleri sağlama yeteneğini ifade eder (Moore vd., 2020). Kaba yemlerden elde edilen mineraller de yemin besin

dengesinin ve dolayısıyla hayvan sağlığının korunması bakımından oldukça önemlidir (Capstaff ve Miller, 2018).

Kalsiyum (Ca) hayvanlarda iskelet dokularının oluşumu, sinir dokusu uyarılarının iletimi, iskelet ve kalp kası kasılmasının uyarılması, kan pıhtılaşması ve sütün bir bileşeni olarak gereklidir (NRC, 2021). Fosfor hayvanların iskelet yapısında ve döl veriminde etkili olurken (Dua ve Care., 1999), magnezyum, enzimatik reaksiyonlarda ve protein sentezinde rol almaktadır (Urdaz vd., 2003). Potasyum ise hücre hacmi düzenlenmesi, elektrolit dengesi, membran potansiyeli ve kas kasılması gibi önemli fizyolojik süreçler için gerekli bir mineraldir (Schröder vd. 2005).

Araştırmacılar sağlıklı bir beslenme için kaba yemlerde P oranının en az % 0.21 olması gerektiğini bildirmiştir (Kidambi vd., 1989). NRC (2021), süt inekleri için kuru maddede % 0.96 K ve % 0.22 Mg gereksinimini vurgulamıştır. Bununla birlikte, verimde süt sığırları için rasyonun kuru maddesinde % 0.65 oranında Ca bulunması gerektiği rapor edilmiştir (Muller 2023). Buğdaygil ve baklagil otlarında P, K, Ca ve Mg içeriklerinin sırasıyla % 0.2 – 0.4 ve % 0.3 ve 0.5, % 1.0 – 3.0 ve % 1.0 – 5.0, % 0.3 – 0.6 ve % 0.3 – 1.4 ve % 0.1 – 0.3 ve % 0.2 – 0.5 arasında değiştiği bildirilmektedir (Önal Aşçı ve Acar; 2018).

Tablo 4.13. Kuru otta belirlenen ortalama P içerikleri (%)

Sıra no	İşlemler	2023	2024 **	Ortalama **
1	SM	0.272	0.259 cd	0.265 b
2	SSM	0.258	0.258 cd	0.258 b
3	SF	0.263	0.274 bcd	0.269 b
4	AY	0.297	0.478 a	0.388 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.271	0.247 d	0.259 b
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.272	0.258 cd	0.265 b
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.281	0.263 cd	0.272 b
8	% 50 SM + % 50 SF	0.269	0.260 cd	0.265 b
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.266	0.259 cd	0.263 b
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.255	0.262 cd	0.259 b
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.257	0.276 bcd	0.267 b
12	% 50 SM + % 50 AY	0.268	0.317 bc	0.293 b
13	% 50 SSM + % 50 AY	0.270	0.331 b	0.300 b
	<i>Ortalama*</i>	0.269 B	0.288 A	

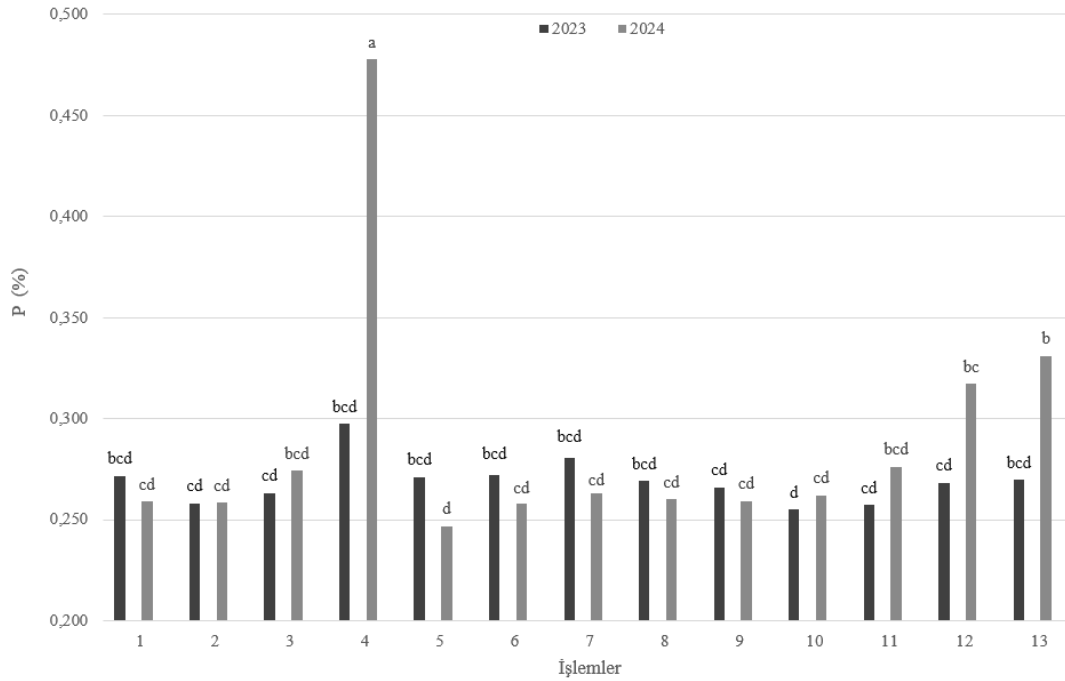
** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Araştırmada kuru ot örneklerinin P içerikleri Tablo 4.13'te verilmiştir. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, P içeriği bakımından işlemler arasında ilk çalışma yılında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiş, ikinci yıl ve iki yılın birleştirilmiş analizinde ise

istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Yine yapılan varyans analizinde, kuru otta P içeriği bakımından iki çalışma yılı arasında da anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Kuru ot örneklerinde P içeriğinin 2023 yılında % 0.255 – 0.272 arasında, 2024 yılında ise % .247 – 0.478 arasında değiştiği, 2024 yılında en yüksek P içeriği 4 numaralı işlemde (yalın AY), en düşük ise 5 numaralı işlemde (% 0.247) tespit edilmiştir.

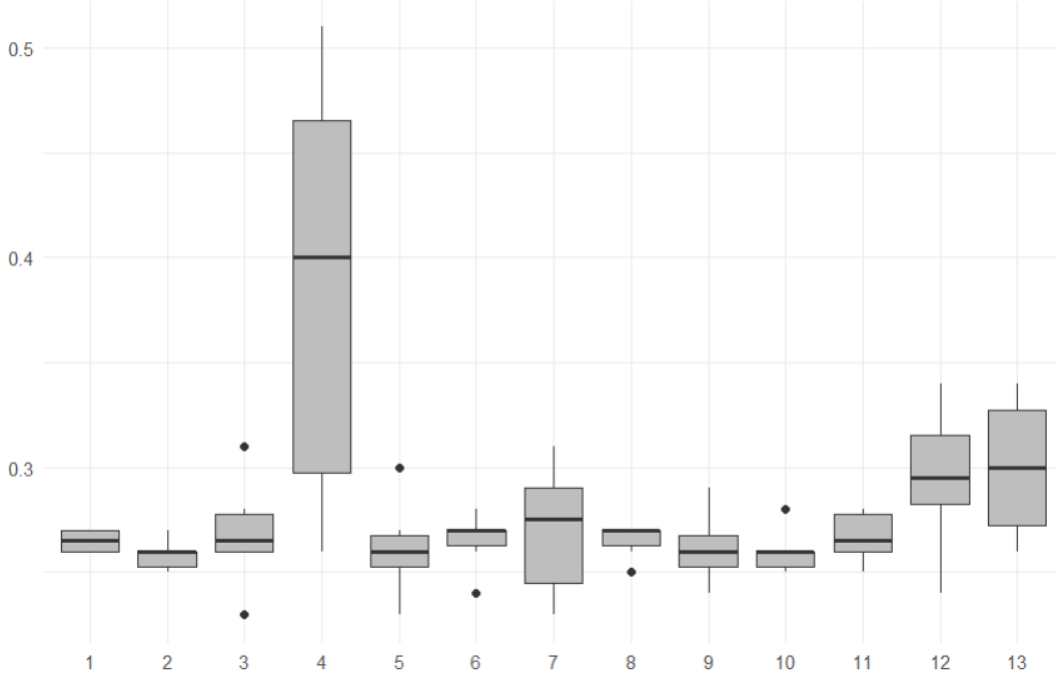
İki çalışma yılına ait değerler birlikte değerlendirildiğinde ise yemlerde P içeriğinin % 0.258 – 0.388 arasında olduğu tespit edilmiş, en yüksek P içeriğine 4 numaralı işlemin (yalın AY) sahip olduğu, araştırmada yer alan diğer işlemlerin ise aynı istatistiksel grupta yer alarak düşük yem içeriğine sahip grubu oluşturduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmada ele alınan işlemlerden elde edilen tüm yemlerin P içeriklerinin, hayvan sağlığı ve verimliliğini sağlama bakımından yeterli düzeyde olduğu görülmüştür.



Şekil 4.19. Kuru ot P içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği

Kuru ot P içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.19’da verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek P içeriği % 0.478 ile 2024 yılında yalın AY işleminde (2024-4) belirlenmiştir. En düşük P içeriği ise 2024 yılında % 75 SM + % 25 SSM işleminde (2024-5) tespit edilmiş, bu işlem 2023-10 işlemi ile aynı grupta yer almıştır. Bununla birlikte Şekil 4.20’de verilen kutu grafiği analizinde, 4 numaralı işlemde

varyasyonun yüksek, diğer işlemlerden elde edilen kuru ot P içeriğindeki varyasyonların ise sınırlı düzeyde olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.20. Kuru ot P içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Yemlerin K içerikleri Tablo 4.14'de verilmiş, yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, ilk çalışma yılındaki analiz sonuçlarında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiş, ikinci yıl ve iki yılın birleştirilmiş analizinde elde edilen P değerlerinde bakımından hem işlemler ve hem de çalışma yılları arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$).

Kuru ot örneklerinde K içeriğinin 2023 yılında % 0.979 – 2.365 arasında, 2024 yılında ise % 1.421 – 2.992 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci yılında en yüksek K içeriğinin 4 numaralı (yalın AY) işleminde belirlendiği, 12 numaralı (% 50 SM + % 50 AY) ve 13 numaralı (% 50 SSM + % 50 AY) işlemlerin de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı, en düşük K içeriğinin ise 7 numaralı işlemde belirlendiği (% 25 SM + % 75 SSM) ve 2, 3, 9 numaralı işlemler ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı belirlenmiştir.

İki çalışma yılına ait değerler birlikte değerlendirildiğinde ise yemlerde K içeriğinin % 1.296 – 2.678 arasında olduğu tespit edilmiş, en yüksek K içeriğine 4 numaralı işlemin (yalın AY) sahip olduğu, en düşük K içeriğinin ise 2 numaralı işlemde belirlendiği, 5, 6, 7 ve 10

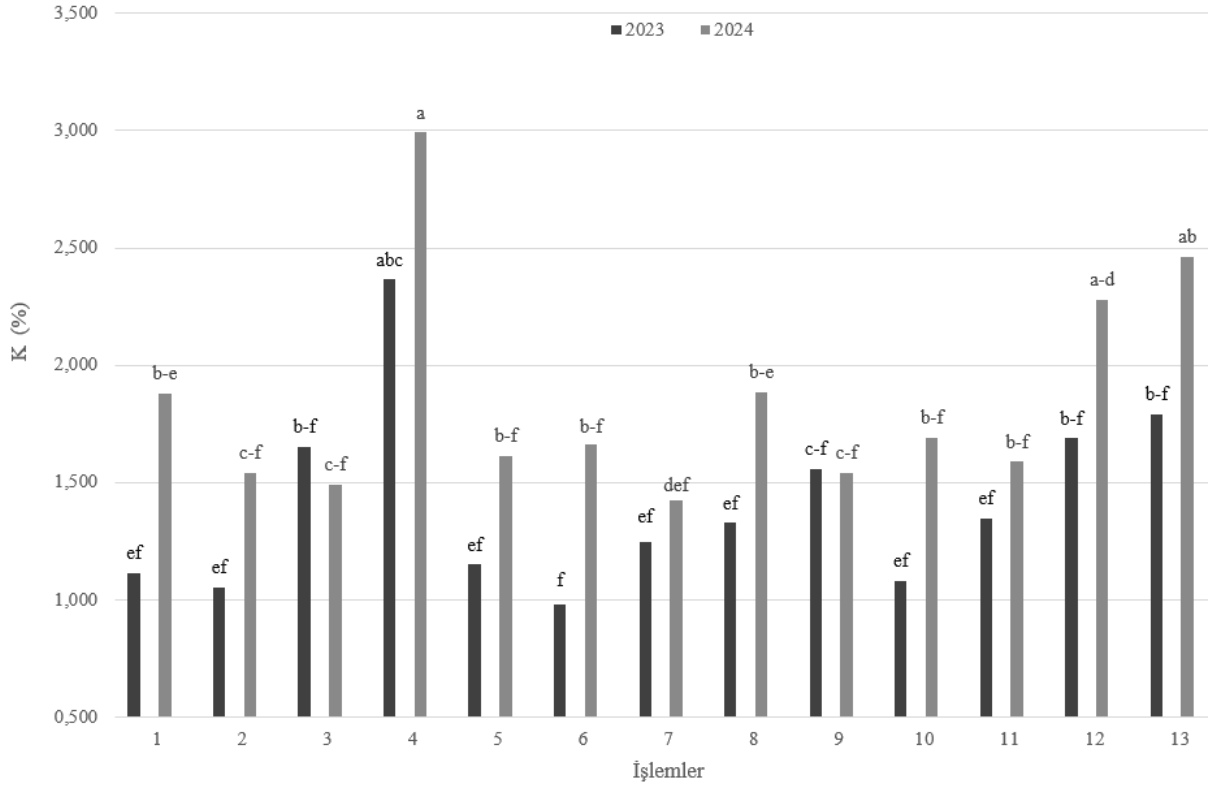
numaralı işlemlerin de bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer aldığı görülmüştür. Sonuçlara göre çalışmada ele alınan işlemlerden elde edilen tüm yemlerin K içeriklerinin yeterli düzeyde olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 4.14. Kuru otta belirlenen ortalama K içerikleri (%)

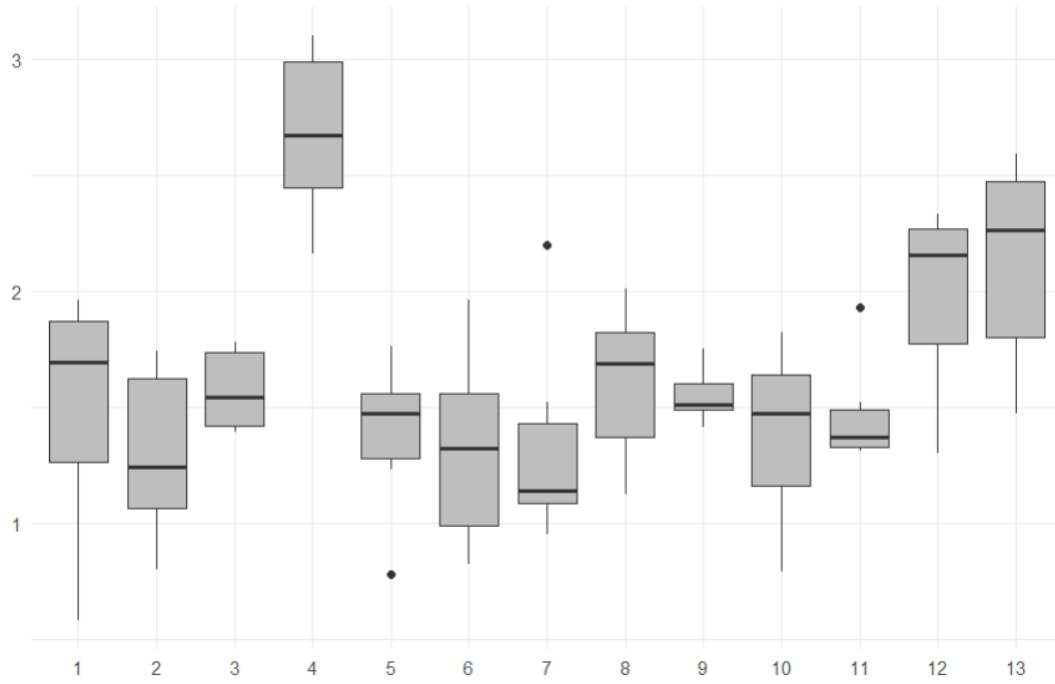
Sıra no	İşlemler	2023	2024 **	Ortalama **
1	SM	1.112	1.879 bcd	1.495 cd
2	SSM	1.052	1.540 d	1.296 d
3	SF	1.651	1.490 d	1.571 cd
4	AY	2.365	2.992 a	2.678 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	1.149	1.614 cd	1.381 d
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.979	1.663 cd	1.321 d
7	% 25 SM + % 75 SSM	1.248	1.421 d	1.335 d
8	% 50 SM + % 50 SF	1.327	1.886 bcd	1.606 bcd
9	% 50 SSM + % 50 SF	1.558	1.541 d	1.550 cd
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	1.079	1.689 cd	1.384 d
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	1.346	1.588 cd	1.467 cd
12	% 50 SM + % 50 AY	1.688	2.278 abc	1.983 bc
13	% 50 SSM + % 50 AY	1.792	2.464 ab	2.128 b
<i>Ortalama*</i>		<i>1.335 B</i>	<i>1.850 A</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Kuru ot K içeriklerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.21'de verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek K içeriği % 2.992 ile 2024 yılında yalnız AY işleminde (2024-4) belirlenirken, bu işlem 2023-4, 2024-12 ve 2024-13 işlemleri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük K içeriği ise 2023 yılında % 50 SM + % 50 SSM işleminde (2023-6) tespit edilmiştir. Bununla birlikte elde edilen K içeriklerine ilişkin kutu grafiği analizi Şekil 4.22'de verilmiştir. Kutu grafiklerinde kutu alt ve üst sınırları veri setindeki 1.çeyrek ve 3. Çeyrek değerlerini, kutu içerisinde bulunan çizgi ise medyan değerini göstermektedir. Medyan, aritmetik ortalamadan farklı olarak uç değerlere duyarsız olup, veri setindeki değerler büyüklüklerine göre sıralandığında ortada yer alan değerdir. Medyan değeri grafikteki kutunun ortasında yer aldığı aritmetik ortalama ile daha yakın bir değer olup verilerin simetrik dağıldığına işaretler, üste ya da alta yakın olduğunda ise verilerin asimetric olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.22'de 7, 9 ve 11 numaralı işlemlerde medyan değeri, diğer işlemlere kıyasla merkezden biraz daha uzak olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.21. Kuru ot K içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.22. Kuru ot K içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

İşlemlerden elde edilen ve analizi yapılan kuru ot örneklerinin Ca içerikleri Tablo 4.15'de verilmiş, yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$).

Tablo 4.15. Kuru otta belirlenen ortalama Ca içerikleri (%)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama **
1	SM	0.326 e	0.481 ef	0.404 c
2	SSM	0.376 de	0.440 ef	0.408 c
3	SF	1.137 ab	1.181 a	1.159 a
4	AY	1.296 a	1.074 a	1.185 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.354 de	0.379 f	0.367 c
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.412 cde	0.457 ef	0.435 c
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.362 de	0.411 f	0.387 c
8	% 50 SM + % 50 SF	0.754 bcd	0.828 bc	0.791 b
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.802 bc	0.669 cd	0.735 b
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.809 bc	0.848 b	0.828 b
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.817 bc	0.789 bc	0.803 b
12	% 50 SM + % 50 AY	0.952 ab	0.691 bcd	0.822 b
13	% 50 SSM + % 50 AY	1.029 ab	0.586 de	0.808 b
<i>Ortalama</i>		<i>0.725</i>	<i>0.680</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

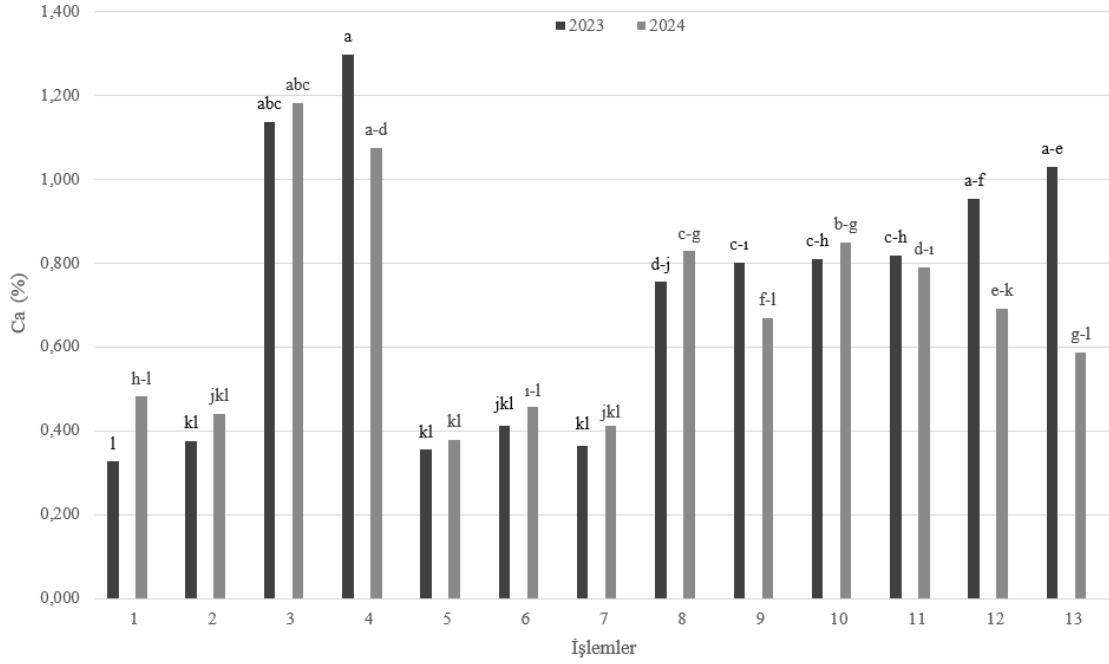
Kuru otta Ca içeriğinin 2023 yılında % 0.326 – 1.296 arasında değiştiği, en yüksek Ca içeriğinin 4 numaralı (yalın AY) işleminden elde edildiği, 3 numaralı (yalın SF), 12 numaralı (% 50 SM + % 50 AY) ve 13 numaralı (% 50 SSM + % 50 AY) işlemlerin de aynı istatistiksel grupta yer aldığı belirlenmiştir. En düşük Ca içeriği ise yalın SM ekimi yapılan 1 numaralı işlemde % 0.326 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmanın ikinci yılında Ca içeriğinin % 0.379 – 1.181 arasında değiştiği, en yüksek Ca içeriğinin 3 numaralı (yalın SF) işlemde belirlendiği ve 4 numaralı (yalın AY) işlemin bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. En düşük Ca içeriğinin ise 5 numaralı işlemde (% 75 SM + % 25 SSM) olduğu, 7 numaralı işlemin de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı tespit edilmiştir.

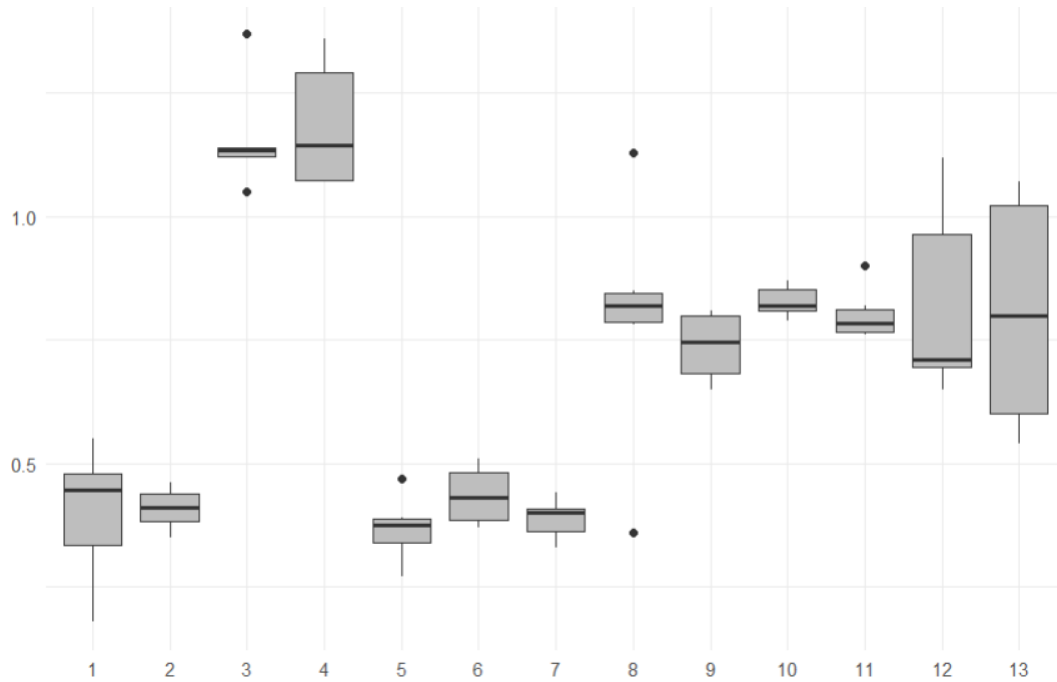
İki çalışma yılına ait değerler birlikte değerlendirildiğinde, yemlerde Ca içeriğinin % 0.367 – 1.159 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Ca içeriğinin 4 numaralı (yalın AY) işlemde olduğu, 3 numaralı (yalın SF) işlemin de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı belirlenmiştir. En düşük Ca içeriğinin ise 5 numaralı işlemde (% 75 SM + % 25 SSM) olduğu ve bu işlem ile 1, 2, 6 ve 7 numaralı işlemlerin aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir. İşlemlerden elde edilen yemlerin Ca içeriğinin yeterli düzeyde olduğu değerlendirilmiştir.

Kuru ot Ca içeriklerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.23'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu

saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek Ca içeriği % 1.296 ile 2023 yılında yalın AY işleminde (2023-4) belirlenirken, bu işlem 2023-3, 2023-12, 2023-13 ve 2024-3 işlemleri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük Ca içeriği ise 2023 yılında yalın SM işleminde (2023-1) tespit edilmiştir. Bununla birlikte kutu grafiği analizi Şekil 4.24'te verilmiş olup işlemlerden elde edilen kuru ot Ca içeriğindeki varyasyonların 12 ve 13 numaralı işlemlerin haricindeki diğer işlemlerde düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.23. Kuru ot Ca içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.24. Kuru ot Ca içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Araştırmada elde edilen kuru ot örneklerinin Mg içerikleri Tablo 4.16'da verilmiş, yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, ilk yıl ve ikinci yıl elde edilen değerler arasında yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiş ($p < 0.01$), iki yılın ortalama değerlerinde ve yıllar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür.

Kuru otta Mg içeriği 2023 yılında % 0.140 – 0.409 arasında değişmiştir. Enn yüksek Mg oranı 4 numaralı işlemde belirlenmiş, 3, 10, 12 ve 13 numaralı işlemlerin de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı tespit edilmiştir. En düşük Mg içeriğinin ise yalın SSM işleminde belirlendiği ve 1, 5, 6 ve 7 numaralı işlemlerin bu işlem ile aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir.

2024 yılında elde edilen yemlerde Mg içeriğinin % 0.116 – 0.661 arasında değiştiği, en yüksek Mg içeriğinin yalın SSM ekimi yapılan parsellerde belirlendiği, 6 ve 7 numaralı işlemlerin de bu işlem ile aynı grupta yer aldığı görülmüştür. En düşük Mg içeriğinin ise 1 numaralı işlemde tespit edildiği, 13 numaralı işlemin de istatistiksel olarak bu işlemle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Kuru otta belirlenen ortalama Mg içerikleri (%)

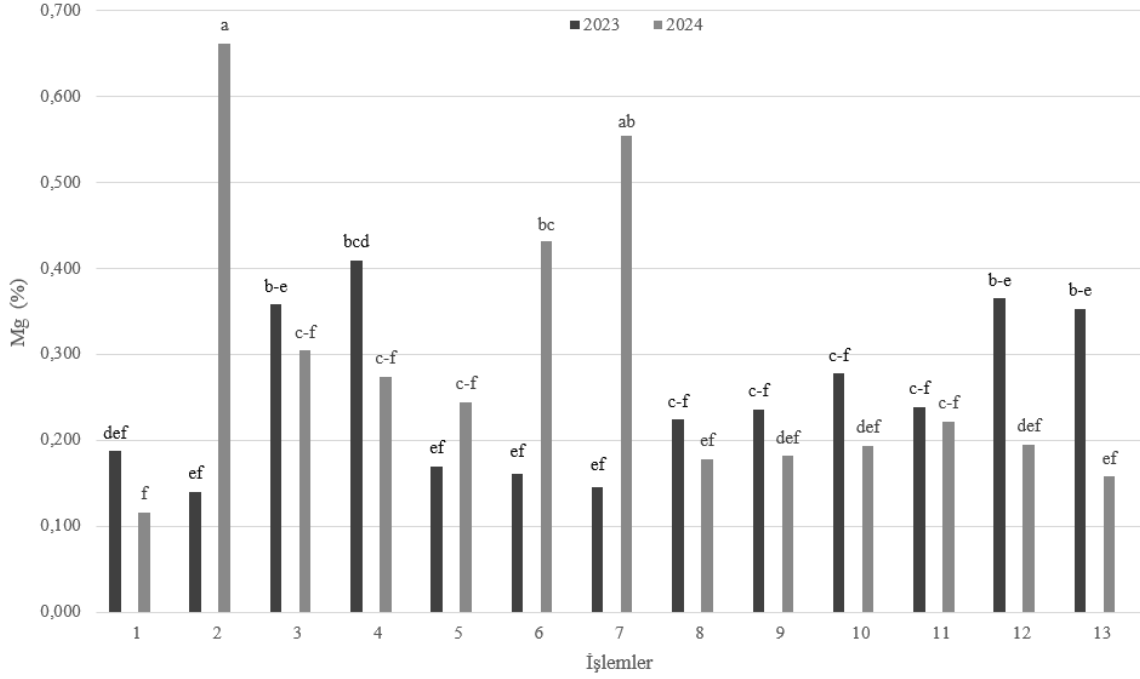
Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama
1	SM	0.187 c	0.116 d	0.152
2	SSM	0.140 c	0.661 a	0.401
3	SF	0.357 ab	0.304 bcd	0.331
4	AY	0.409 a	0.274 cd	0.342
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.169 c	0.244 cd	0.207
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.160 c	0.431 abc	0.296
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.145 c	0.554 ab	0.350
8	% 50 SM + % 50 SF	0.224 bc	0.178 cd	0.201
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.235 bc	0.182 cd	0.208
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.277 abc	0.193 cd	0.235
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.238 bc	0.222 cd	0.230
12	% 50 SM + % 50 AY	0.364 ab	0.195 cd	0.280
13	% 50 SSM + % 50 AY	0.352 ab	0.157 d	0.255
	<i>Ortalama</i>	<i>0.251</i>	<i>0.285</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır

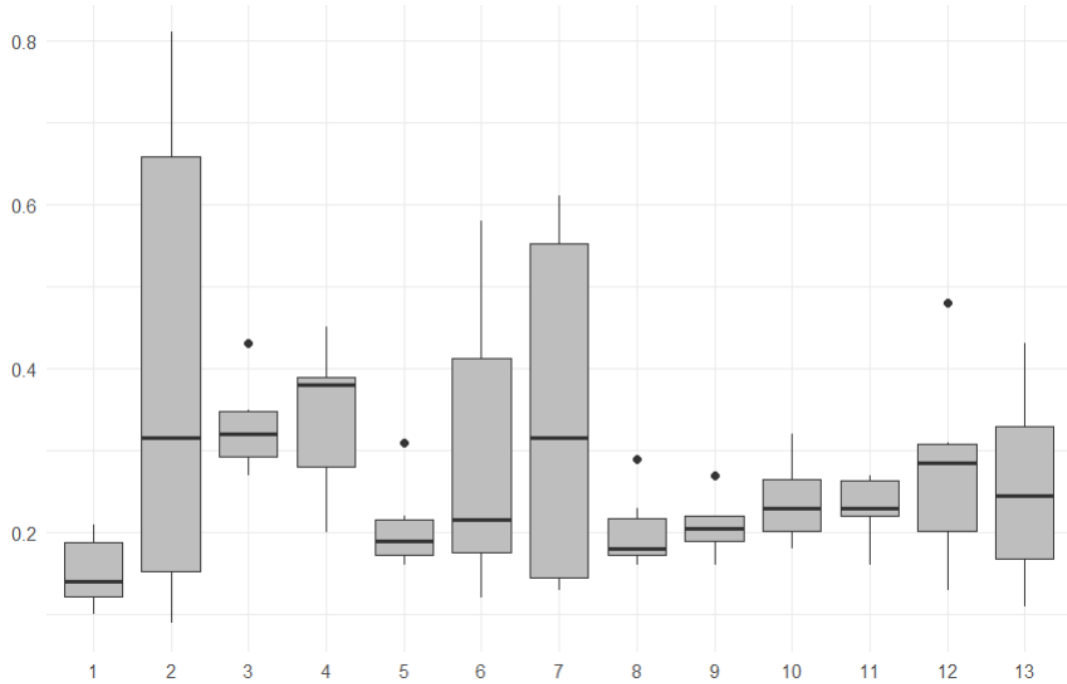
İki çalışma yılı birlikte değerlendirildiğinde ise Mg içeriği % 0.152 – 0.401 arasında değişmiş ve yemlerin Mg içeriklerinin rasyonlarda bulunması gereken minimum Mg içeriğine sahip olduğu görülmüştür.

Kuru ot Mg içeriklerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.25'de verilmiştir.

Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek Mg içeriği % 0.661 ile 2024 yılında yalnız SSM işleminde (2024-2) belirlenirken, bu işlem 2024-7 işlemi ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük Mg içeriği ise 2024 yılında yalnız SM işleminde (2024-1) tespit edilmiştir.



Şekil 4.25. Kuru ot Mg içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.26. Kuru ot Mg içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Elde edilen Mg içeriklerine ilişkin kutu grafiği analizi ise Şekil 4.26'de verilmiş olup grafikte işlemlerden elde edilen kuru ot Mg içeriğindeki varyasyonların 2, 6 ve 7 numaralı işlemlerde yüksek olduğu, diğer işlemlerde ise daha dar bir aralıkta gerçekleştiği, 3, 5, 8, 9 ve 12 numaralı işlemlerde istatistiksel olarak aykırı kabul edilen ve nokta ile gösterilen değerler bulunduğu görülebilmektedir.

Çalışma ile aynı lokasyonda, 3 farklı sorgum-sudanotu melezi ile yaptıkları çalışmalarında Kardeş ve diğerleri (2023) P, K, Ca ve Mg içerikleri sırasıyla %0.30-0.31, %1.67-2.26, %0.47-0.57 ve %0.24-0.25 arasında değiştiğini, Özyazıcı ve Açıkbaş (2019) Siirt ilinde 3 silajlık mısır ve 3 sorgum-sudanotu melezi çeşidi ile yaptıkları çalışmada, sorgum ve mısır çeşitlerinden elde edilen kaba yemlerinin kuru maddesindeki P, K, Ca, Mg, içeriklerinin sırasıyla % 0.25-0.30, % 1.31-2.20, %0.61-0.81 ve % 0.210-0.262 olarak belirlendiğini, Özata ve Kapar (2017) Samsun ili Çarşamba ilçesinde farklı silajlık mısır çeşit ve çeşit adayları ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, gerçekleştirdikleri çalışmalarında P, K, Ca, Mg, içeriklerinin sırasıyla %0.15, % 1.05, % 0.22 ve % 0.21 olarak belirlendiğini, Seydoşoğlu (2018), bazı silajlık mısır çeşitlerinin mineral madde içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmasında, silajlık mısır kuru otunda ortalama P, Ca, Mg ve K içeriklerinin sırasıyla % 0.29, % 0.71, % 0.27 ve % 1.95 bulunduğunu bildirmiştir. Bu kapsamda araştırmamızda elde edilen verilerin diğer araştırmacıların elde ettiği veriler ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.2.5. Kondense tanen içeriği (%)

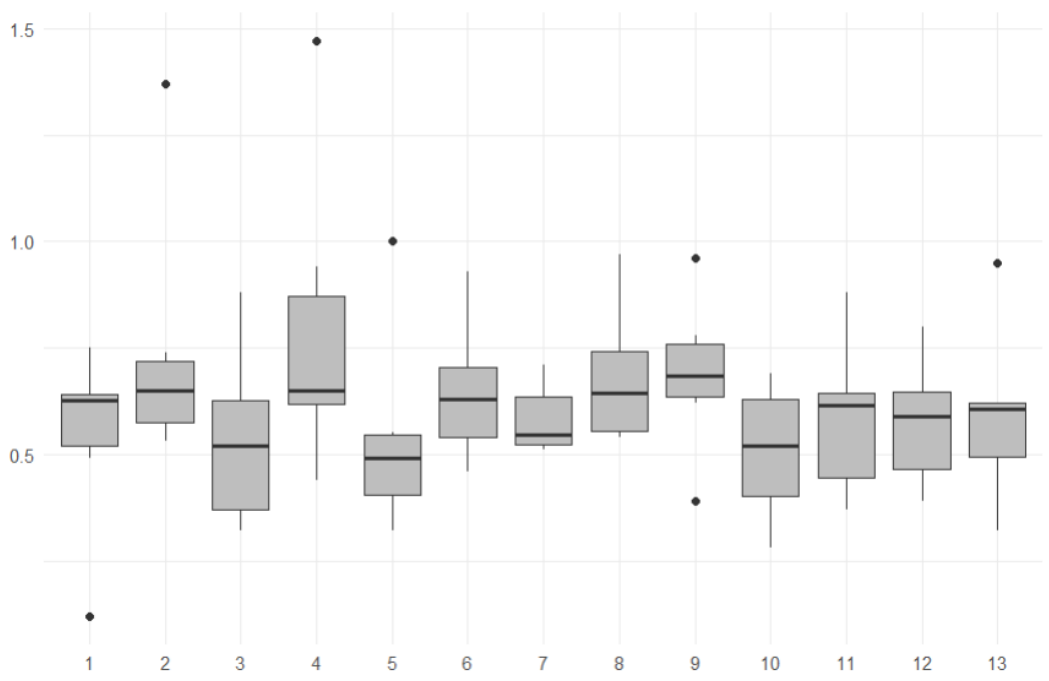
Yemlerde kondense tanen içeriğinin etkilerine dair çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Yemlerdeki yüksek tanen içeriği geviş getiren hayvanların beslenme davranışlarını etkileyebilir (Xie ve Xu, 2019), buruk tat nedeniyle daha az tüketime yol açabilir. Kuru madde sindirilebilirliğini de azaltma potansiyeline sahiptir (Rossi vd., 2015). Bunun yanında araştırmacılar tarafından, süt üretimini, kuzulama yüzdesini, yün büyümesini teşvik ettikleri, rumen şişmesi riskini (Patra ve Saxsena, 2011) ve hayvanların sindirim faaliyeti sonucu oluşan metan salınımını azalttıkları (Tan vd., 2011) bildirilmiştir.

Araştırmada elde edilen ve analizi yapılan kuru ot örneklerinin kondense tanen içerikleri Tablo 4.17'de verilmiştir. Kondense tanen içeriği bakımından hem işlemler hem çalışma yılları hem de her iki yılın birleştirilmiş analizinde anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.17. Kuru otta belirlenen ortalama kondense tanen içeriği (%)

Sıra no	İşlemler	2023	2024	Ortalama
1	SM	0.502	0.582	0.542
2	SSM	0.851	0.646	0.748
3	SF	0.411	0.660	0.535
4	AY	0.841	0.746	0.793
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.570	0.512	0.541
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.777	0.520	0.648
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.581	0.583	0.582
8	% 50 SM + % 50 SF	0.683	0.679	0.681
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.617	0.759	0.688
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.423	0.591	0.507
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.633	0.542	0.587
12	% 50 SM + % 50 AY	0.593	0.558	0.575
13	% 50 SSM + % 50 AY	0.465	0.720	0.593
	<i>Ortalama</i>	<i>0.611</i>	<i>0.623</i>	

2023 yılında elde edilen yemlerde kondense tanen içeriği % 0.411 – 0.851 arasında, ikinci çalışma yılı olan 2024 yılında elde edilen yemlerde kondense tanen içeriği % 0.512– 0.759 arasında değişmiş, iki yılın verilerinin ortalaması ise % 0.507 – 0.748 arasında hesaplanmıştır.

**Şekil 4.27.** Kuru ot kondense tanen içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Şekil 4.27’de verilen kutu grafiği analizinde, elde edilen kondense tanen içeriği verilerinde varyasyonun oldukça dar bir aralıkta gerçekleştiği, 1, 2, 4, 5, 9 ve 13 numaralı

işlemlerde aykırı kabul edilen değerler olduğu, 1, 4, 7, 11 ve 13 numaralı işlemlerde ise verilerin asimetrik dağıldığı anlaşılmaktadır.

Ülger ve Kaplan (2016) Sivas, Kayseri ve Kahramanmaraş illerinde tarımı yapılan yerel korunga populasyonları üzerinde yaptıkları çalışmalarında kuru ot örneklerinde kondense tanen içeriğinin % 2.07 ile % 4.70 arasında değiştiğini, Akbay ve diğerleri (2020) farklı hasat dönemlerinde biçilen çemen otunun kuru ot örneklerinde kondense tanen içeriğinin % 0.76 ile % 1.61 arasında değiştiğini, Yıldırım ve diğerleri (2021) 17 genotip ile gerçekleştirdikleri çalışmada aktaş yoncasında kondense tanen içeriğinin % 0.266 - % 0.611 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Araştırmacılar tarafından, sürdürülebilir besin alımı ve protein etkinliği için yem kuru maddesinde kondense tanen içeriğinin % 4 düzeyini geçmemesi önerilmektedir (Barry vd., 1986; Waghorn vd., 1990). Bu kapsamda, çalışmada elde edilen yemlerin kondense tanen içeriklerinin araştırmacıların belirttiği sınırın altında ve kabul edilebilir düzeyde olduğu değerlendirilmiştir.

4.2.6. Nispi yem değeri

Hay Marketing Task Force of the American Forage and Grassland Council tarafından geliştirilen nispi yem değeri (NYD), yem kalitesini değerlendirmek, yem çeşitlerini karşılaştırmak ve yem fiyatlarını belirlemek için sıkça kullanılan bir endekstir (Rohweder vd., 1978; Jerenyama ve Garcia., 2004).

Araştırmada elde edilen yemlerin ADF ve NDF değerleri kullanılarak, metot kısmında açıklandığı şekilde hesaplanan nispi yem değerleri Tablo 4.18'de verilmiştir. Yapılan varyans analizine (ANOVA) göre değerler arasında çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$).

2023 yılında elde edilen yemler için NYD 79.19 – 110.16 arasında değişmiş, en yüksek NYD 3 numaralı işlemde belirlenmiş, 1, 4, 5, 8, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En düşük NYD 2 numaralı işlemde belirlenmiş, 7 ve 9 numaralı işlemler de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

2024 yılında elde edilen yemler için NYD 66.05 – 109.82 arasında değişmiş, en yüksek NYD 4 numaralı işlemde belirlenmiş, 3 numaralı işlem bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En düşük NYD ise yalnız SSM ekimi yapılan 2 numaralı işlemde tespit edilmiştir.

Tablo 4.18. Kuru otta belirlenen ortalama nispi yem değerleri

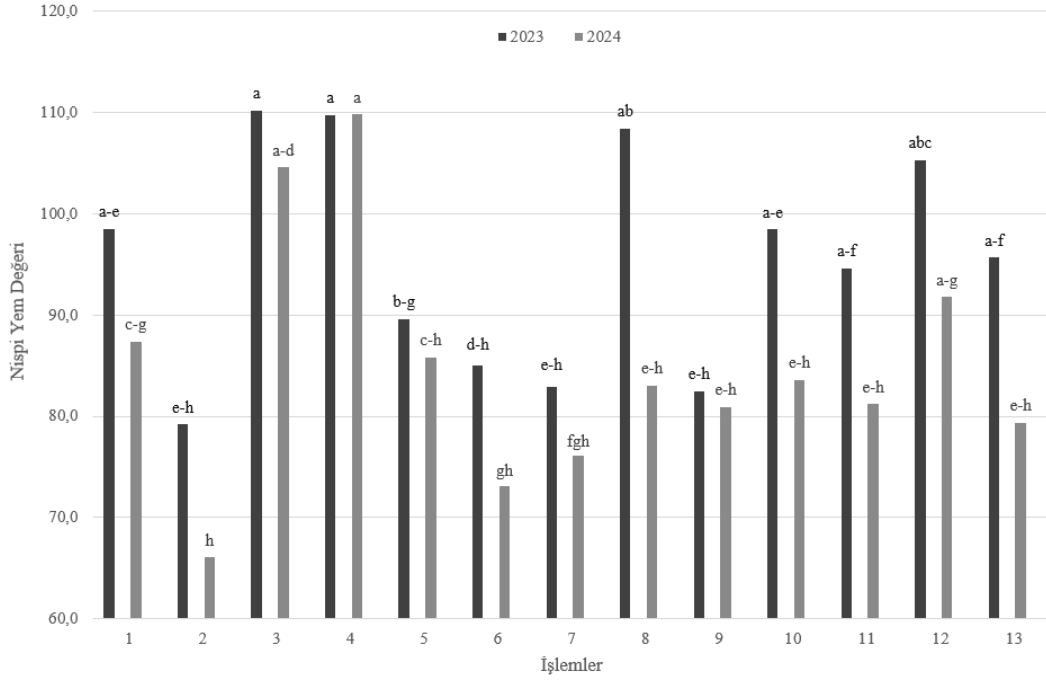
Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama **
1	SM	98.54 abc	87.38 cd	91.28 a-d
2	SSM	79.19 c	66.05 e	70.37 e
3	SF	110.16 a	104.58 ab	102.32 ab
4	AY	109.76 a	109.82 a	106.76 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	89.58 abc	85.78 cd	86.92 cde
6	% 50 SM + % 50 SSM	85.05 bc	73.07 de	79.77 de
7	% 25 SM + % 75 SSM	82.96 c	76.17 de	80.35 de
8	% 50 SM + % 50 SF	108.41 a	83.07 cd	96.57 a-d
9	% 50 SSM + % 50 SF	82.49 c	80.94 cde	84.52 cde
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	98.44 abc	83.60 cd	94.66 bcd
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	94.64 abc	81.21 cde	89.35 cde
12	% 50 SM + % 50 AY	105.32 ab	91.79 bc	100.11 abc
13	% 50 SSM + % 50 AY	95.66 abc	79.38 cde	87.89 cde
<i>Ortalama**</i>		<i>95.40 A</i>	<i>84.83 B</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

İki çalışma yılı değerlerinin birleştirilmiş analizinde ise NYD 70.37 – 106.76 arasında değişmiş, en yksek NYD yalın AY işleminde belirlenmiş, 1, 3, 8 ve 11 numaralı işlemler yalın AY ile aynı grupta yer almıştır. En dūřuk NYD yalın SSM ekimi yapılan 2 numaralı işleminde gōrūlmūřtur. Bununla birlikte yapılan varyans analizinde iki çalışma yılındaki farklılığın elde edilen NYD değerleri bakımından istatistiksel olarak yksek düzeyde anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Çalışmanın ilk yılında verim daha dūřuk olmasına rağmen, yem kalitesinin daha iyi olduğu, elde edilen kuru otların NYD bakımından kalitelerinin iki yıl arasındaki iklimsel farklılıklardan etkilendiği değerlendirilmiştir.

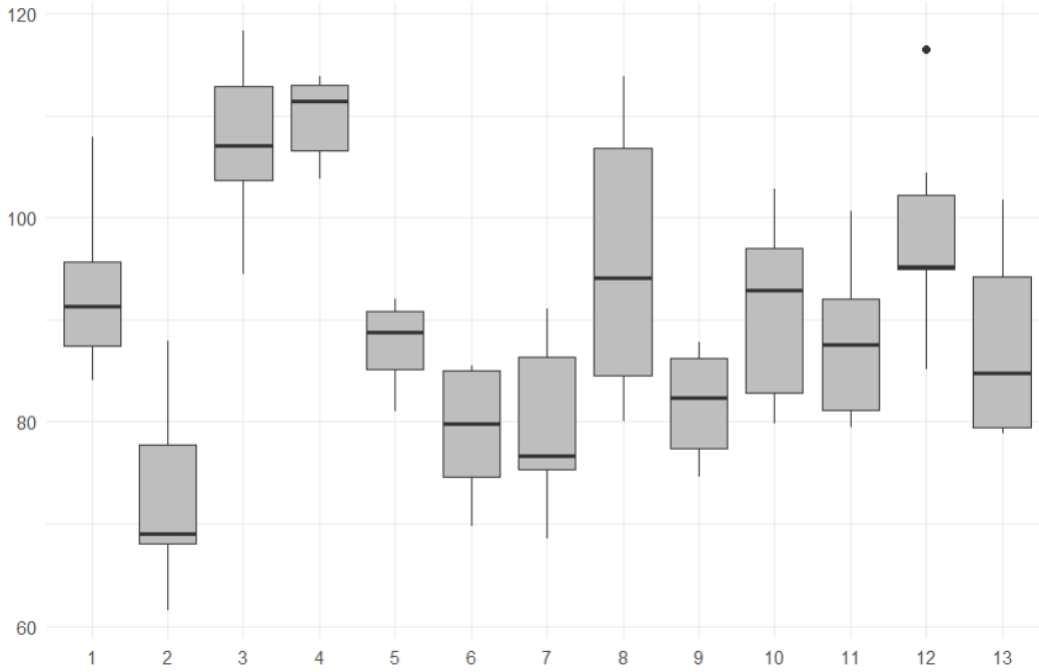
Nispi yem değerleri (NYD) kullanılarak, araştırmada elde edilen yemler yem kalite sınıfları bakımından da değerlendirilmiş, 2 numaralı işleminde (yalın SSM) elde edilen kuru otun 5. sınıf, 6, 7 ve 9 numaralı işlemlerden elde edilen kuru otun 4. sınıf, 1, 5, 8, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen kuru otun 3. sınıf, 3 ve 4 numaralı işlemlerden elde edilen kuru otun 2. sınıf içerisinde yer aldığı gōrūlmūřtur.

Kuru ot nispi yem değerlerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Őekil 4.28’de verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de gōrūleceęi ūzere, en yksek NYD % 110.2 ile 2023 yılında yalın SF işleminde (2023-3) belirlenmiş, bu işlem 2023-1, 2023-4, 2023-8, 2023-10, 2023-11, 2023-12, 2023-13, 2024-3 ve 2023-4 işlemleri ile aynı grupta yer almıştır. En dūřuk NYD ise 2024 yılında yalın SSM işleminde (2024-2) tespit edilmiştir.



Şekil 4.28. Kuru ot nispi yem değerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği

Şekil 4.29’da verilen kutu grafiği analizinde ise yapılmış olup işlemlerden elde edilen kuru otta nispi yem değerlerine ait varyasyonların 8 numaralı işlemde en fazla olduğu ve 2, 4, 7 ve 12 numaralı işlemlerde elde edilen NYD değerlerinin asimetric dağıldığı görülebilmektedir.



Şekil 4.29. Kuru ot nispi yem değerine ilişkin kutu grafiği analizi

Atış ve diğerleri (2012) Hatay ilinde 4 farklı yemlik sorgum, 4 farklı dönemde hasat

uygulaması ile yaptıkları çalışmalarında NYD'nin hasat zamanından önemli ölçüde etkilendiğini ve 82.0 – 136.5 arasında değiştiğini, Canpolat (2012) Bursa ili Görükle beldesinden elde edilen ve geç süt olum döneminde hasat edilen buğdaygil kuru otlarının yem kalitesini belirlemek için yaptığı çalışmasında nispi yem değerlerini, mısır, sorgum, buğday, arpa, yulaf, çavdar ve tritikale için sırasıyla 114.6, 107.4, 125.7, 114.8, 138.7, 105.8, 116.1 olarak, Bulut ve Öner (2024) Kayseri ilinde 24 mısır çeşidi ile yaptıkları çalışmalarında ortalama nispi yem değerini 125.63 olarak bildirmiştir. Özdemir (2023) bazı yem bitkileri karışımlarının hayvan besleme ve biyogaz verimi potansiyellerini araştırmak amacıyla yaptığı doktora çalışmasında SM, SSM, SF, SM+SF ve SSM+SF işlemleri için nispi yem değerlerini sırasıyla 148.7-81.9, 135.5, 159.2 ve 87.0 olarak belirlemiştir. Araştırmada belirlenen NYD değerlerinin, literatürde yer alan ve yukarıda sunulan diğer araştırmacıların değerlerinden bir miktar yüksek olduğu ancak özellikle Özdemir (2023) tarafından belirlenen değerlerle aynı doğrultuda olduğu değerlendirilmiştir.

Bununla birlikte, Singh ve diğerleri (2017), farklı sorgum türleri ile Hindistan'da gerçekleştirdikleri çalışmalarında elde edilen yemlerin NYD'nin 62.1 - 66.2 arasında değiştiğini, Karaozan ve Ertekin (2022) farklı ekim sıklıkları ile yetiştirilen çerezlik ayçiçeği çeşitlerinde yem kalitesini değerlendirmek için Hatay ilinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, NYD değerinin 100.96 ile 110.91 arasında değiştiğini bildirmiş olup bu çalışmalardaki değerlerin de çalışmamızda aynı bitkiler için belirlenen NYD değerinden daha düşük veya yakın olduğu görülmüştür.

4.3. Silaj kalitesine ilişkin özellikler

4.3.1. Fiziksel gözlemler

Çalışmada ele alınan 13 farklı işlemde elde edilen silaj örneklerinin fiziksel gözlemler neticesinde yem nitelik sınıfları belirlenmiş, değerlendirmeye ilişkin veriler 2023 yılı silaj örnekleri için Tablo 4.19'da, 2024 yılı silaj örnekleri için ise Tablo 4.20'de verilmiştir.

Silajlarda yemlerin mümkün olduğunca silolandığı andaki rengini koruması beklenir. Silajların renklerinde oluşan değişiklikler, özellikle koyulaşma ve kahverengileşmeler fermantasyon sorunlarına işaret edebilir. Yapılan fiziksel gözlemler neticesinde, her iki yılda yapılan silajlarda herhangi bir renk bozulmasının olmadığı görülmüş, fermantasyonun uygun koşullarda ve başarılı şekilde gerçekleştiği değerlendirilmiştir.

Tablo 4.19. 2023 yılında elde edilen silajların fiziksel gözlemleri ile yem nitelik sınıfları

Sıra no	İşlemler	Renk	Koku	Strüktür	Toplam	Yem nitelik sınıfı
1	SM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
2	SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
3	SF	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
4	AY	2.0	10.0	2.0	14.0	İyi
5	% 75 SM + % 25 SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
6	% 50 SM + % 50 SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
7	% 25 SM + % 75 SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
8	% 50 SM + % 50 SF	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
9	% 50 SSM + % 50 SF	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
12	% 50 SM + % 50 AY	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye
13	% 50 SSM + % 50 AY	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiye

Uygun şekilde fermente olmuş silajlarda, bu konuda tecrübe sahibi herkes tarafından kolaylıkla fark edilebilen silaja özgü bir koku bulunmaktadır. Dolayısıyla koku da silaj kalitesinin belirlenmesinde kullanılan fiziksel testlerden birisidir. Silaj açıldığında keskin ve asidimsi kokular alınması durumunda fermantasyonun uygun şekilde gerçekleşmediği düşünülür (Aykan ve Saruhan, 2018).

Çalışmada elde edilen silajlarda koku bakımından farklılıklar tespit edilmiştir. 2023 yılında 4 numaralı işlemde (yalın AY) yapılan silajlarda çok az miktarda da olsa tereyağı asidi ve kızışma kokusu, 2024 yılında ise yine 4 numaralı işlemde (yalın AY) yapılan silajlarda çok az miktarda da olsa tereyağı asidi ve kızışma kokusu ile 3 numaralı işlemde (yalın SF) yapılan silajlarda orta derecede tereyağı asidi kokusu ve küf kokusu tespit edilmiştir. Her iki yılda da diğer silajların koku bakımından beklenen standartta olduğu görülmüş ve puanlamaları buna göre yapılmıştır.

İyi silolama şartlarında silaj içerisinde oluşan laktik asit sayesinde bitkilerin yaprak ve saplarının fiziksel görüntüsü korunabilmektedir. Çalışmada elde edilen silajlarının strüktür ortalamaları incelendiğinde, her iki yılda da 4 numaralı işlem (yalın AY) hariç tüm işlemlerden

elde edilen silajlarda bitki parçalarının bozulmadan kaldığı ve strüktür incelemesinden 4.0 puan aldığı tespit edilmiştir.

İşlemlerden elde edilen silajların toplam fiziksel puanlamalarının 10-20 arasında değiştiği görülmüştür. Bu değerlendirmeye göre silajların yem nitelik sınıfları pek iyi düzeyinde yoğunlaşmış sadece her iki yılda elde edilen 4 numaralı işlemde (yalın AY) elde edilen silaj iyi sınıfta ve 2024 yılında 3 numaralı işlemde (yalın SF) elde edilen silaj orta sınıfta yer almıştır. Elde edilen verilerin değerlendirmesi ile çalışma sonucu işlemlerden elde edilen silajların uygun kalitede olduğu ve hayvan beslemesinde rahatlıkla kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.20. 2024 yılında elde edilen silajların fiziksel gözlemleri ile yem nitelik sınıfları

Sıra no	İşlemler	Renk	Koku	Strüktür	Toplam	Yem nitelik sınıfı
1	SM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
2	SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
3	SF	2.0	4.0	4.0	10.0	Orta
4	AY	2.0	10.0	2.0	14.0	İyi
5	% 75 SM + % 25 SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
6	% 50 SM + % 50 SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
7	% 25 SM + % 75 SSM	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
8	% 50 SM + % 50 SF	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
9	% 50 SSM + % 50 SF	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
12	% 50 SM + % 50 AY	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi
13	% 50 SSM + % 50 AY	2.0	14.0	4.0	20.0	Pekiyi

Önceki yıllarda, aynı lokasyonda 22 silajlık mısır çeşidi ile yürütmüş olduğumuz bir başka çalışmamızda, elde edilen silajların fiziksel gözlemlerinin neticesinde DLG puanları 9.0-20.0 arasında değişmiş, çeşitlerden sadece birinden elde edilen silaj beklenen kalitenin altında kalmış, diğerlerinin iyi ve pekiyi sınıflarında yer aldığı belirlenmiştir (Burgu ve Mut, 2023). Diyarbakır ilinde yem bezelyesi ile arpanın yalın ve farklı oranlarda karışımları ile yapılan çalışmada, fiziksel değerlendirme puanlarının 17.0 – 19.0 arasında gerçekleştiği (Aytaç ve Saruhan 2018), farklı yem bitkileri ve karışımları ile hazırlanan silajların fiziksel

değerlendirmesinin yapıldığı çalışmada, yalınlardan sorgum pekiyi, mısır ve yoncanın memnuniyet verici olduğunu, karışımlarda ise 50SM+50S, 75SM+25Y ve 50S+50Y işlemlerinden elde edilen silajların pekiyi sınıfında yer aldığını bildirilmiştir (Öten vd. 2016).

4.3.2. Ham protein verimi (kg da⁻¹)

Proteinler, hayvan vücudunda çeşitli işlevlere sahip moleküllerdir ve yapısal dokuların, enzimlerin, hormonların, hormonal reseptörlerin ve genetik materyallerin oluşumuna katkıda bulunur (Boye vd., 2012). Bağışıklık sistemi için gereklidir ve protein eksikliği ya da fazlalığı hayvanlarda bağışıklık tepkisini azaltabilir (Paul ve Dey, 2014).

Araştırmada elde edilen silajların ham protein verimleri Tablo 4.21’de verilmiştir. Tesadüf blokları deneme deseni esas alınarak yapılan varyans analizi (ANOVA) sonucunda, 2023 ve 2024 yılı değerlerinde uygulamalar arasında % 1 düzeyinde çok önemli farklılık olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.21. Silajda belirlenen ortalama ham protein verimleri (kg da⁻¹)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama
1	SM	416.2 a	708.9 a	562.6
2	SSM	255.8 cd	708.1 a	481.9
3	SF	196.5 de	526.0 bcd	361.3
4	AY	438.0 a	597.7 ab	517.8
5	% 75 SM + % 25 SSM	319.8 bc	625.5 ab	472.6
6	% 50 SM + % 50 SSM	265.9 cd	608.6 ab	437.3
7	% 25 SM + % 75 SSM	257.6 cd	581.3 abc	419.5
8	% 50 SM + % 50 SF	358.6 ab	513.7 bcd	436.2
9	% 50 SSM + % 50 SF	227.0 d	564.8 a-d	395.9
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	191.6 de	431.1 cd	311.4
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	133.9 e	414.8 d	274.4
12	% 50 SM + % 50 AY	398.0 ab	555.9 a-d	477.0
13	% 50 SSM + % 50 AY	319.3 bc	488.2 bcd	403.8
Ortalama**		290.6 B	563.4 A	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

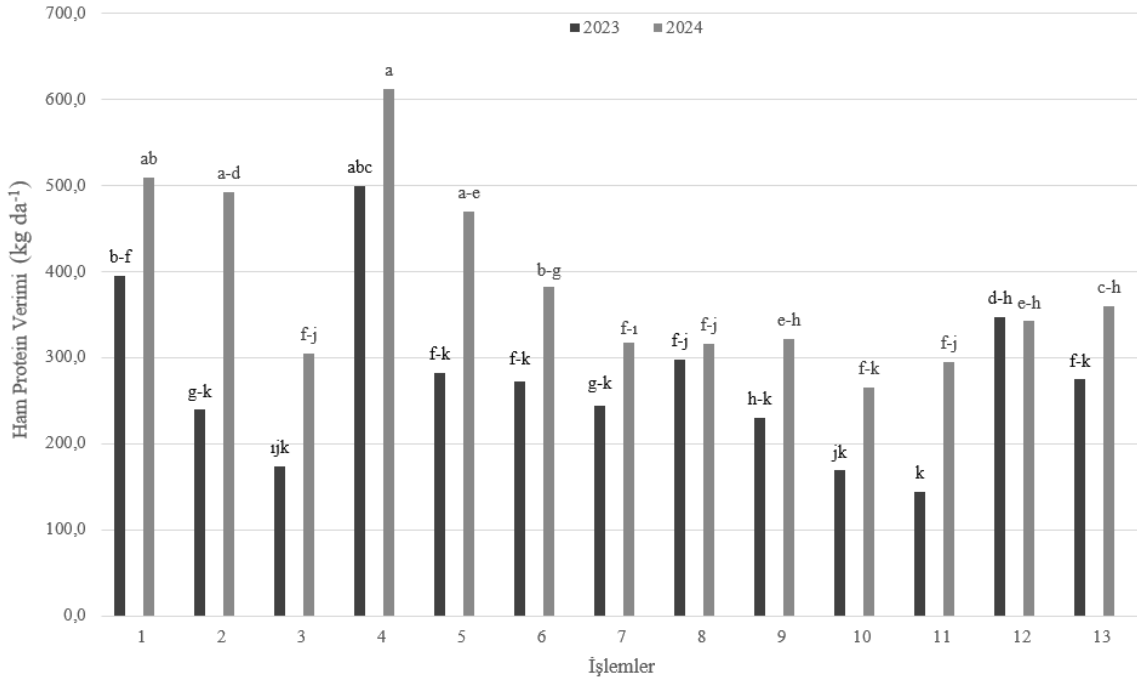
İlk çalışma yılında, silajlarda protein verimi 133.9 - 438.0 kg da⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek verim yalın AY ekimi yapılan 4 numaralı işlemde belirlenmiş, 1, 8 ve 12 numaralı işlemler de bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük protein verimi ise 11 numaralı işlemde (% 50 SSM + % 50 SF ÜG-) belirlenmiştir.

İkinci yılda elde edilen silajlarda protein verimi 414.8 - 708.9 kg da⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek protein verimi 1 numaralı işlemde tespit edilmiş, 2, 4, 5, 6, 7, 9 ve 12 numaralı

işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En düşük protein verimi ise 11 numaralı işlemde (% 50 SSM + % 50 SF ÜG-) belirlenmiştir.

İki çalışma yılında elde edilen değerlerin birleştirilmiş analizinde ise işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenememiş, ortalama ham protein verimi 274.4 – 562.6 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Bununla birlikte varyans analizi sonucunda çalışma yılları arasındaki farklılığın % 1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

İki çalışma yılı arasındaki değişim dikkate alındığında, ikinci yıl protein verimlerinin genel olarak daha yüksek olduğu ancak bu artışın, araştırmanın ikinci yılında bazı ürünlerden daha fazla verim alınması ile paralel seyrettiği değerlendirilmiştir.

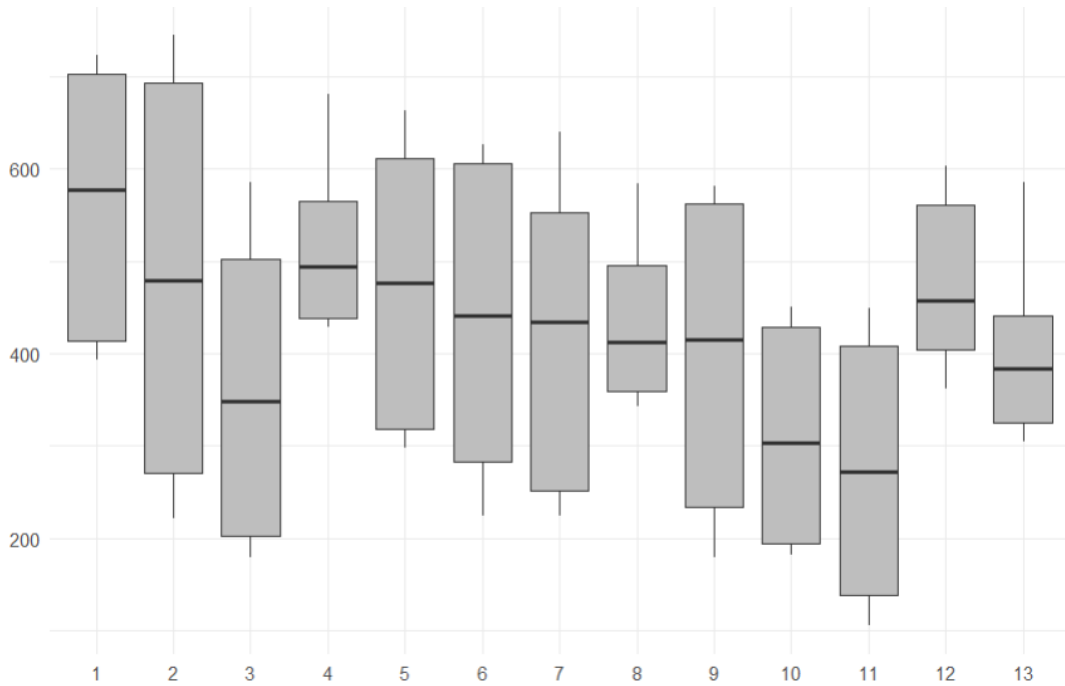


Şekil 4.30. Silajda ham protein verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği

Silaj ham protein verimine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.30’da verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek ham protein verimi 611.9 kg da⁻¹ ile 2024 yılında yalnız AY işleminde (2024-4) belirlenmiş, bu işlem 2023-4, 2024-1, 2024-2 ve 2024-5 işlemleri ile aynı grupta yer almıştır. En düşük ham protein verimi ise 2023 yılında % 50 SSM + % 50 SF ÜG- işleminde (2023-11) tespit edilmiştir.

Şekil 4.31’de verilen kutu grafiği incelendiğinde ise işlemlerde varyasyonun geniş bir aralıkta gerçekleştiği görülebilmekte olup bu durumun protein verimi bakımından iki çalışma yılı arasındaki farklılıktan kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Meşe ve Gülümser (2021) araştırma ile aynı lokasyonda 18 farklı silajlık mısır çeşidi ile gerçekleştirdikleri çalışmada, çeşitlerin protein verimlerinin 207.4 – 353.6 kg da⁻¹ aralığında değiştiğini, Bulut ve diğerleri (2008) Erzurum ilinde 17 mısır çeşidi ile yaptıkları çalışmalarında ham protein veriminin ise 90.5 ve 99.6 kg da⁻¹ aralığında değiştiğini, Budak ve Kır (2019), Kırşehir ilinde 4 sorgum ve sorgum-sudanotu melezi çeşidi ile farklı sıra arası mesafeleri uygulayarak gerçekleştirildikleri çalışmalarında çeşit ortalamalarının 225.2-279.4 kg da⁻¹, sıra arası mesafelerden elde edilen protein verimi ortalamalarının ise 179.3-377.0 kg da⁻¹ arasında değişiklik gösterdiğini, Gül ve Tan (2016) Erzurum ilinde 7 farklı yerel ayçiçeği çeşidi ve 3 farklı hasat zamanı uygulayarak yürüttükleri çalışmalarında, ham protein veriminin 113.4 – 325.7 kg da⁻¹ arasında değiştiğini, Kitapçı ve diğerleri (2024) Van ilinde farklı ekim zamanları ve iki soya fasulyesi çeşidi ile yaptıkları çalışmada ham protein veriminin dekarda 26.0 ile 94.5 kg da⁻¹ aralığında belirlendiğini bildirmiştir.



Şekil 4.31. Silaj ham protein verimine ilişkin kutu grafiği analizi.

4.3.3. Silaj örneklerinin pH düzeyi

İyi korunmuş, yüksek kaliteli silajların üretimi silolanan yemin bileşimine ve uygun silaj yapım uygulamalarına bağlıdır. Silolama sırasında ürün kalitesinin, kuru madde miktarının ve

enerjinin korunması, bitki solunumunun, bitki proteolitik aktivitesinin, klostridial aktivitesinin ve aerobik mikrobiyal büyümenin sınırlandırılmasını gerektirir (Muck, 1988; Pahlow vd, 2003).

Havasız ortamda çalışan laktik asit bakterileri, silajdaki asiditeyi artırmayı sağlayan laktik asidi üretmek için suda çözünür karbonhidratları kullanır. Bu sayede, ürüne bağlı olarak, tarladaki bitki materyalinin pH'ı yaklaşık 5 ila 6 arasında iken silolama sırasında pH 3.6 ila 4.5'e düşebilir. Silaj pH'ın hızlı şekilde düşmesi proteini parçalayan enzimlerin aktivitesini durdurarak protein kaybını sınırlar. Ayrıca, pH'daki hızlı bir düşüş, enterobakteriler ve klostridia gibi istenmeyen anaerobik mikroorganizmaların ve diğer bakterilerin çoğalmasını engeller. İyi fermentasyon durumunda %10-12'den daha az toplam kuru madde kaybı olurken, kötü koşullarda gerçekleşen fermentasyonlarda toplam kuru madde kayıpları %20'nin üzerine çıkabilir (Kung, 2018).

Araştırmada elde edilen silajlardan alınan örneklerin pH değerleri Tablo 4.22'de verilmiştir. Yapılan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonucunda, uygulamalar arasında $p < 0.01$ düzeyinde çok önemli farklılık olduğu belirlenmiştir. Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenen istatistiksel gruplar da aynı tabloda sunulmuştur.

İlk çalışma yılında, silajlarda pH düzeyi 3.86 – 4.50 aralığında değişmiş, en yüksek pH yalnız SF'den elde edilen silajlarda belirlenmiş, 4, 8, 9, 10, 11 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük pH ise 5 numaralı işlemde tespit edilmiş, 1, 2, 6, 7 ve 12 numaralı işlemlerde aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. İkinci yılda elde edilen silajlarda pH düzeyi 3.54 – 5.24 arasında değişmiş, en yüksek pH 3 numaralı işlemde tespit edilmiş, 4 numaralı işlem de bu işlem ile aynı grupta yer almıştır. En düşük pH düzeyi ise yalnız SM ekimi yapılan 1 numaralı işlemde tespit edilmiştir.

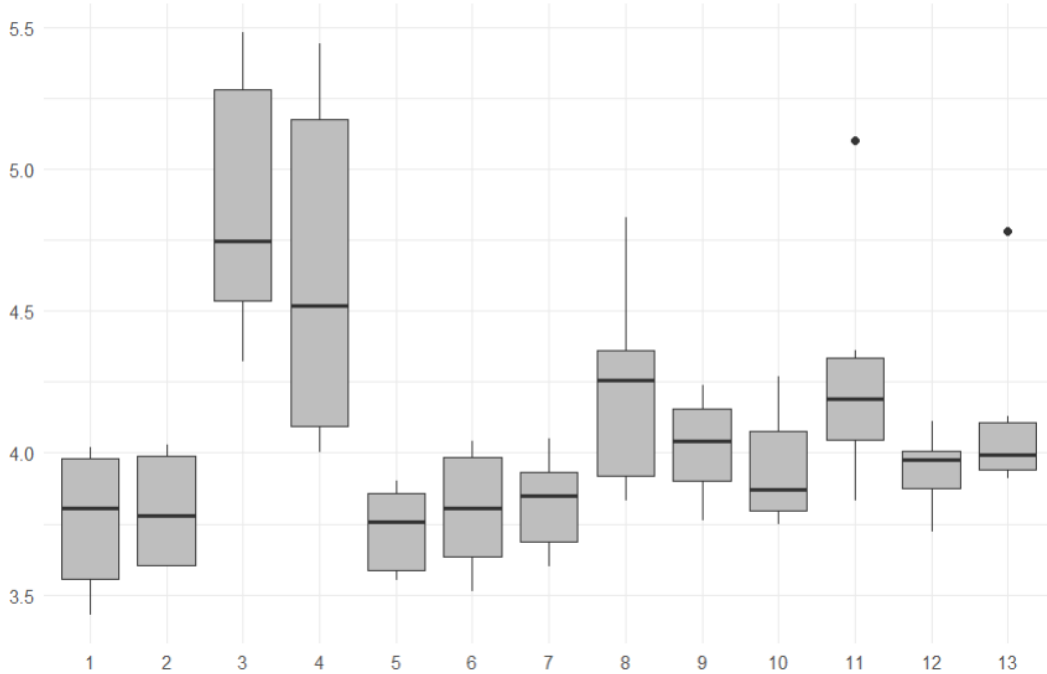
İki çalışma yılında elde edilen değerlerin birleştirilmiş analizinde ise pH düzeyi 3.73 – 4.87 arasında değişmiş, en yüksek pH 3 numaralı işleme ait örneklerden elde edilmiş, 4, 8 ve 11 numaralı işlemler de sırası ile 4.64, 4.23 ve 4.28 pH değerleri ile aynı grupta yer almıştır. Silajlarda en düşük pH düzeyi 5 numaralı işlemde belirlenmiş, 1, 2, 6, 7, 10 ve 12 numaralı işlemlerden elde edilen silajların da aynı istatistiksel grup içerisinde olduğu görülmüştür. Yapılan varyans analizinde iki çalışma yılı arasındaki farklılık ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 4.22. Silajda belirlenen ortalama pH değerleri

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama **
1	SM	3.98 b	3.54 c	3.76 c
2	SSM	3.99 b	3.60 bc	3.80 c
3	SF	4.50 a	5.24 a	4.87 a
4	AY	4.06 ab	5.21 a	4.64 ab
5	% 75 SM + % 25 SSM	3.86 b	3.60 bc	3.73 c
6	% 50 SM + % 50 SSM	4.00 b	3.59 bc	3.80 c
7	% 25 SM + % 75 SSM	3.97 b	3.68 bc	3.82 c
8	% 50 SM + % 50 SF	4.29 ab	4.17 bc	4.23 abc
9	% 50 SSM + % 50 SF	4.18 ab	3.86 bc	4.02 bc
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	4.10 ab	3.79 bc	3.95 c
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	4.25 ab	4.32 b	4.28 abc
12	% 50 SM + % 50 AY	4.02 b	3.86 bc	3.94 c
13	% 50 SSM + % 50 AY	4.32 ab	3.93 bc	4.13 bc
<i>Ortalama</i>		<i>4.12</i>	<i>4.03</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Şekil 4.32’de verilen kutu grafiği incelendiğinde, en yüksek varyasyonun yine 3 ve 4 numaralı işlemlerde gerçekleştiği, 11 ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen silajların pH değerleri arasında birer aykırı değer olduğu değerlendirilebilmektedir.

**Şekil 4.32.** Silaj örneklerinin pH düzeyine ilişkin kutu grafiği analizi

Silaj pH'ının ölçülmesi silaj fermantasyonu veya bozulmasının bir göstergesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Seglar, 2003). Moura ve diğerleri (2017) Brezilyada Sorgum türlerinin silaj kalitesini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmalarında, beş sorgum genotipinden

elde edilen silajlarda pH değerinin 3.93 – 4.10 aralığında değiştiğini, Maggi ve diğerleri (2023) 4 farklı sorgum türü ile Brezilyada yaptıkları çalışmalarında, silolamanın 28. gününde pH düzeylerinin 3.40 – 3.74, 56. gününde 3.37 – 3.65 aralığında olduğunu, Öztürk ve Çarpıcı (2019) Bursa ilinde bazı mısır silajlarının silaj performanslarını değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, elde edilen silajların pH düzeylerinin 3.98 – 4.04 arasında değiştiğini, Arslan ve diğerleri (2016) yalın mısır ve mısır+soya karışımlarının silaj performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında yalın mısır silajının pH değerinin 4.42 iken farklı miktarlarda soya eklenen silajlarda 4.05 – 4.26 arasında değiştiğini, Alaca ve Özaslan Parlak (2017) Çanakkale şartlarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, mısır ve sorgum-sudanotu melezinin, soya fasulyesi, börülce, guar ile yalın ve ikili karışımlarını ele aldıkları çalışmalarında SM, SF, SSM, SM+SF, SSM+SF ürünlerinden elde edilen silajlar için pH değerlerini sırasıyla 3.08, 4.19, 3.45, 3.45 ve 4.30 olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada belirlenen pH düzeylerinin büyük ölçüde literatür verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Filya (2001) silajda fermentasyon üzerine olumsuz etkide bulunan Enterobacteria cinsi mikroorganizmaların pH 5 'in altına düştüğünde, Clostridial sporlarının ise pH 4.6-4.8 'in altına düştüğünde etkili olmadıklarını, Ergün ve diğerleri (2013) en uygun pH aralığının 3.8-4.2 olduğu, bu pH aralığındaki silajlarda bozulma ve çürümeye yol açan bakterilerin yaşayamadığı bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen işlemlerin büyük çoğunluğunun ortalama pH değerleri bu aralıkta yer almış sadece SF ve AY silajlarının pH değerleri ideal düzeyin bir miktar üzerinde tespit edilmiştir.

4.3.4. Flieg puanı

Flieg-Zimmer tarafından geliştirilen Flieg Kalite Puanı özellikle mısır olmak üzere bitki silajlarının kalitesini değerlendirmek için kullanılır ve bu konuda altın standart olarak kabul edilir (Segato vd., 2022).

Araştırmada silajların pH düzeyleri ve kuru madde oranları kullanılarak hesaplanan Flieg puanları Tablo 4.23'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmış, 2024 yılı değerleri ve iki çalışma yılı verilerinin birleştirilmiş analizinde uygulamalar arasında $p < 0.01$ düzeyinde çok önemli farklılık olduğu belirlenmiştir. Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi yapılarak, belirlenen istatistiksel gruplar da aynı tabloda sunulmuştur. 2023 yılı değerlerinde ise uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür.

İlk çalışma yılında, silajların Flieg puanları 79.2 – 113.0 aralığında değişmiştir. İkinci yılda ise Flieg puanları 58.6 – 142.1 arasında değişmiş, en yüksek Flieg puanı 2 numaralı işlemde hesaplanmış, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen silajların Flieg puanları da bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük Flieg puanı ise 4 numaralı işlemde tespit edilmiştir.

İki çalışma yılında elde edilen değerlerin birleştirilmiş analizinde ise Flieg puanları 74.6 – 126.7 arasında değişmiş, en yüksek Flieg puanı 2 numaralı işlemde bulunmuş, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen silajların Flieg puanları da bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük Flieg puanı 4 numaralı işlemde tespit edilmiş, bu sonuçlara göre 4 numaralı işlemde (yalın AY) elde edilen silaj iyi, diğer silajlar ise pekiyi kalite grubunda yer almıştır.

Tablo 4.23. Silajların ortalama Flieg puanları

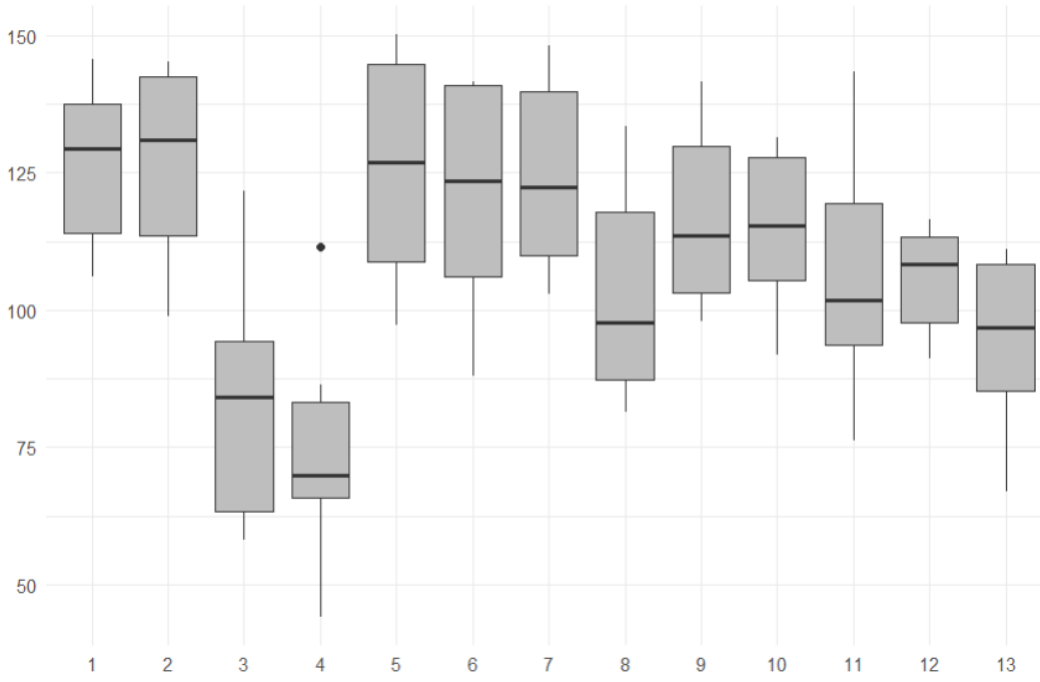
Sıra no	İşlemler	2023	2024 **	Ortalama **
1	SM	113.0	140.2 a	126.6 a
2	SSM	111.3	142.1 a	126.7 a
3	SF	96.7	70.8 bc	83.7 bc
4	AY	90.5	58.6 c	74.6 c
5	% 75 SM + % 25 SSM	107.8	143.6 a	125.7 a
6	% 50 SM + % 50 SSM	100.3	120.6 a	110.5 ab
7	% 25 SM + % 75 SSM	109.6	124.5 a	117.1 a
8	% 50 SM + % 50 SF	93.5	103.2 a	98.4 abc
9	% 50 SSM + % 50 SF	101.5	116.9 a	109.2 ab
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	101.2	114.6 a	107.9 ab
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	98.6	106.6 a	102.6 abc
12	% 50 SM + % 50 AY	100.1	105.5 ab	102.8 abc
13	% 50 SSM + % 50 AY	79.2	94.1 ab	86.7 abc
<i>Ortalama**</i>		<i>100.3 B</i>	<i>110.9 A</i>	

** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

2024 yılında elde edilen silajların Flieg puanları, 2023 yılında elde edilenlere göre daha yüksek belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları da bu farkı teyit ederek, Flieg puanı bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak önemli fark olduğunu göstermiştir ($p < 0.01$).

Şekil 4.33'te verilen kutu grafiğinde her iki çalışma yılında, tüm tekrarlardan elde edilen Flieg puanlarının oluşturduğu veri setinin dağılımı görülmektedir. Buna göre 4 numaralı işlem haricinde elde edilen değerlerin büyük ölçüde simetrik olarak dağıldığı, sadece 4 numaralı işlemde, grafikte nokta ile gösterilen bir adet aykırı değer bulunduğu ve aynı işleme ait kutuda

medyan çizgisinin kutu merkezinden daha aşağıda olduğu görülmekte ve 4 numaralı işlemde elde edilen Flieg puanlarının asimetrik dağılımı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.33. Silaj örneklerinin Flieg puanlarına ilişkin kutu grafiği analizi

Akbay ve diğerleri (2022) Adana ilinde farklı gübre formları kullanımının, mısır silajı kalitesine etkilerini ölçmek için yaptıkları çalışmalarında, elde edilen silajların Flieg puanlarının 81.41 - 94.75 aralığında, Ji ve diğerleri (2025), Çinde iki farklı sorgum ve mısır çeşidi kullandıkları ve farklı ekim zamanlarını test ettikleri çalışmalarında elde edilen silajlarda Flieg puanlarının 72.5 – 89.5 aralığında, Özkan (2022), alternatif silaj yöntemlerini belirlemek için İzmir ilinde yaptığı çalışmasında yalın SSM için Flieg puanını 111.38 olarak belirlemiş, sorgum-sudanotu ile kahverengi kenevir karışımlarında ise 90.45 - 106.36 arasında değiştiğini, Usman ve diğerleri farklı sorgum çeşitleri ile Nijeryada yaptıkları çalışmalarında Flieg puanlarının 82.95 – 101.80 aralığında, Yıldız ve diğerleri (2020), biçme yüksekliğinin ayçiçeği silaj kalitesine etkilerini belirlemek için Erzurum ilinde yaptıkları çalışmalarında Flieg puanlarının 84.46 – 93.20 aralığında, Temür ve diğerleri (2021), AY ve SF silajları ile karışımlarının silaj kalitesinin değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında Flieg skorlarının 71.38 – 92.94 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Yukarıda bir kısmı sıralanan literatür verileri değerlendirildiğinde çalışmamızda elde edilen silajların Flieg puanlarının diğer araştırmacıların verileri ile aynı doğrultuda olduğu görülmüştür.

4.3.5. Asit deterjanda çözünmeyen lif (%)

ADF yem kalitesinin belirlenmesinde önemli bir unsur olup yem kalitesinin belirlenmesine yönelik araştırma faaliyetlerinde ele alınan temel konulardandır. Riaz ve diğerleri (2014) koyun, keçi, sığır ve manda ile yapılan 45 çalışmayı inceleyerek yaptıkları çalışmada, ADF'nin tüm türler için sindirilebilirlik oranını düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Araştırmada silajların ADF oranları incelenmiş ve sonuçlar Tablo 4.24'de verilmiştir. Tesadüf blokları deneme deseni esas alınarak yapılan varyans analizi (ANOVA) sonucunda, çalışma yılları arasında ADF oranı bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadığı, 2023 yılı değerlerinde uygulamalar arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılık olduğu, 2024 ve iki çalışma yılının ortalama değerlerinde ise $p<0.01$ düzeyinde çok önemli farklılık bulunduğu tespit edilmiştir.

İlk çalışma yılında, silajlarda ADF oranları % 30.66 – 46.65 arasında değişmiş, en düşük ADF değeri 1 numaralı işlemde (yalın SM) elde edilen silajda tespit edilmiştir. En yüksek ADF değeri 4 numaralı işlemde (yalın AY) elde edilen silajda belirlenmiş, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen silajların ADF değeri de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Tablo 4.24. Silajlarda belirlenen ortalama ADF oranları (%)

Sıra no	İşlemler	2023 *	2024 **	Ortalama **
1	SM	30.66 b	37.61 bc	34.14 c
2	SSM	43.78 ab	37.64 bc	40.71 abc
3	SF	34.78 ab	38.39 abc	36.58 bc
4	AY	46.65 a	44.99 a	45.82 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	39.92 ab	34.94 c	37.43 bc
6	% 50 SM + % 50 SSM	39.28 ab	35.41 bc	37.35 bc
7	% 25 SM + % 75 SSM	40.38 ab	36.19 bc	38.28 bc
8	% 50 SM + % 50 SF	40.13 ab	35.27 bc	37.70 bc
9	% 50 SSM + % 50 SF	42.70 ab	41.43 abc	42.07 ab
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	38.41 ab	36.84 bc	37.62 bc
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	38.37 ab	41.10 abc	39.74 abc
12	% 50 SM + % 50 AY	37.23 ab	40.68 abc	38.95 abc
13	% 50 SSM + % 50 AY	43.23 ab	42.23 ab	42.73 ab
	<i>Ortalama</i>	<i>39.66</i>	<i>38.67</i>	

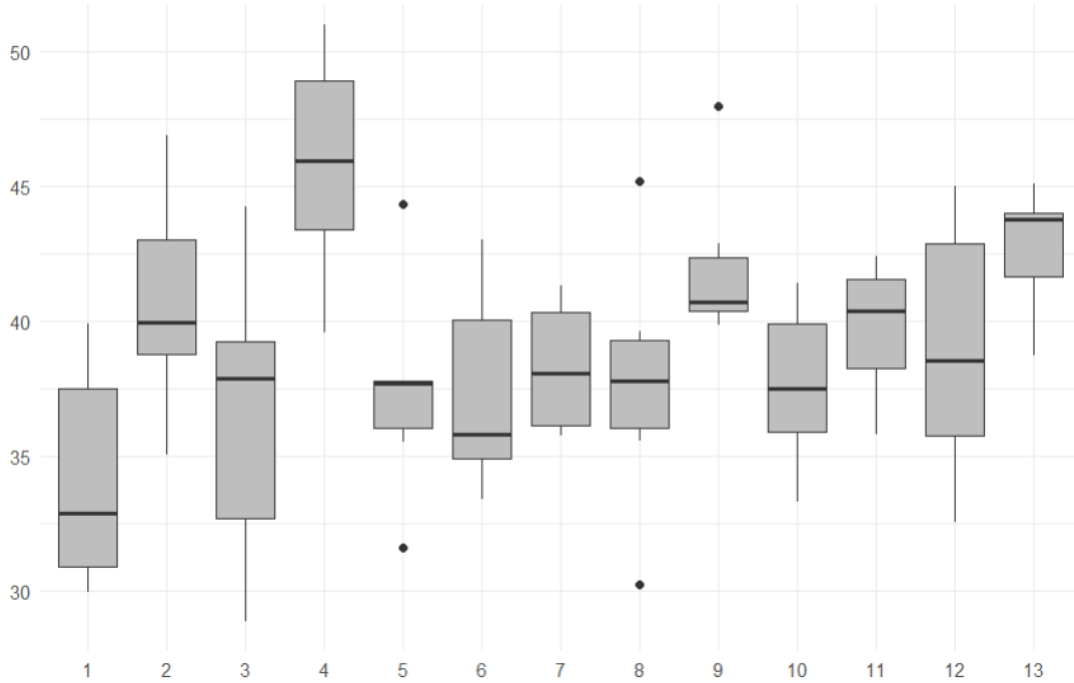
** $p<0.01$ ve * $p<0.05$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

İkinci yılda elde edilen silajların ADF oranları % 34.94 – 44.99 arasında değişmiş, en yüksek ADF değeri 4 numaralı işlemde bulunmuş, 3, 9, 11, 12 ve 13 numaralı işlemlerin ADF

değeri de istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük ADF oranı ise 5 numaralı işlemde (% 75 SM + % 25 SSM) belirlenmiştir.

İki çalışma yılının ortalama değerlerinde ise ADF oranının % 34.14 – 45.82 arasında değiştiği görülmüş, en yüksek ADF değeri 4 numaralı işlemde belirlenmiş, 2, 9, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler de istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük ADF oran ise yalnız SM ekimi yapılan 1 numaralı işlemde elde edilmiştir.

Şekil 4.34'te verilen kutu grafiği incelendiğinde ise 5, 9 ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen değerlerin varyasyonunun sınırlı olduğu, 1, 3, 4 ve 12 numaralı işlemlerden elde edilen ADF oranlarında ise varyasyonun diğer işlemlere kıyasla daha fazla olduğu, 5, 8 ve 13 numaralı işlemlere ait verilerde aykırı değerler olduğu ve özellikle 5, 6, 9 ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen ADF oranı değerlerinin asimetrik dağılım gösterdiği görülebilmektedir.



Şekil 4.34. Silaj ADF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi

Önceki yıllarda aynı lokasyonda, 22 farklı mısır çeşidi kullanarak yaptığımız çalışmada elde edilen silajların ADF oranı % 25.61 - 30.80 arasında belirlenmiştir (Burgu ve Mut, 2023). Farklı lokasyonlarda araştırmacılar tarafından yapılan silaj çalışmalarında da ADF oranları değerlendirilmiş olup, Liu ve diğerleri (2023) Çin Halk Cumhuriyetinde yonca ve mısır silajının kalitesine hasat zamanı ve karışım oranlarının etkisini değerlendirmek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, ADF oranını geç süt dönemi ile $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ ve $\frac{3}{4}$ süt çizgisi olgunluk döneminde sırasıyla % 28.07, % 28.58, % 29.61 ve % 42.74 olarak, Öztürk ve diğerleri (2025), farklı

sulama seviyelerinin mısır ve sorgum silajı kalitesine etkilerini görmek için Kırklareli ilinde yaptıkları çalışmalarında, ADF oranının sorgum için % 30.90 -34.50 aralığında, mısır için ise % 19.70 – 39.80 aralığında değiştiğini, Esen ve diğerleri (2022), Tekirdağ ilinde sorgum, mısır ve karışımlarının silaj kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında ADF oranlarını sorgum, mısır ve sorgum mısır karışımı silaj için sırasıyla % 30.9, % 23.5 ve % 29.5 olarak, Temür ve diğerleri (2021) AY ve SF silajları ile karışımlarının silaj kalitesinin değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında ADF oranlarının AY silajında %38.20, SF silajında %36.80 olarak belirlendiğini, AY+SF silajlarında ise % 36.52 - 37.74 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

4.3.6. Nötral deterjanda çözünmeyen lif (%)

Kaba yemlerde liflilik genellikle NDF olarak ölçülür ve NDF'nin parçalanabilirliği hayvanın belirli bir diyet seviyesine verdiği yanıt etkiler (Oba ve Allen, 2000). Yemdeki NDF içeriği belirli bir seviyeyi aştığında rumenin dolma süresi kısalmış ve yemlerin sindirim sisteminde kalma süresi artar. Nitekim Allen (2000), yemdeki NDF oranı %25'i aştığında, kuru madde alımının artan NDF oranı ile azaldığını bildirmiştir. Bu nedenle kaba yemlerdeki NDF oranları araştırılmalı ve verimliliği azaltacak ölçüde yüksek NDF içeriğine sahip yemler diyetten çıkarılmalı veya daha düşük lifli yemlerle birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmacılar diyetdeki NDF içeriğinin azaltılmasının veya NDF sindirilebilirliğinin artırılmasının, gönüllü yem alımını ve enerji ile metabolize edilebilir protein tedarikini iyileştireceğini bildirmiştir (Detmann vd., 2024).

Araştırmada elde edilen silajların NDF oranları Tablo 4.25'de verilmiştir. Tesadüf blokları deneme deseni esas alınarak yapılan varyans analizi (ANOVA) sonucunda, 2023 yılı ve 2024 yılı değerlerinde $p<0.01$ düzeyinde çok önemli, farklılık bulunduğu, iki çalışma yılının ortalama değerlerinde ise uygulamalar arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılık olduğu tespit edilmiştir.

İlk çalışma yılında, silajlarda NDF oranları % 44.47 – 75.62 arasında değişmiş, en düşük NDF oranı 3 numaralı işlemde bulunmuştur. En yüksek NDF oranı ise yalın SSM ekimi yapılan 2 numaralı işlemde tespit edilmiş, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. İkinci yılda elde edilen silajların NDF oranı % 45.15 – 61.24 arasında değişmiştir. En düşük NDF oranı 3 numaralı işlemde bulunmuş, 4 numaralı işlem de bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En yüksek NDF değeri ise 2 numaralı

işleminde tespit edilmiş, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler de aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Tablo 4.25. Silajlarda belirlenen ortalama NDF oranları (%)

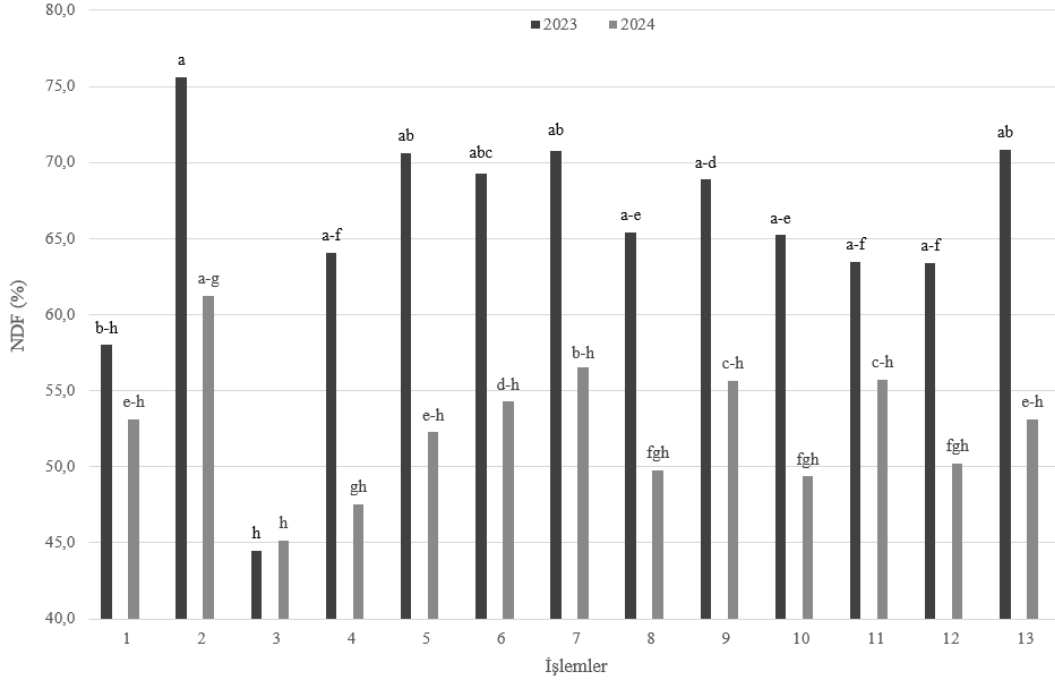
Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama *
1	SM	58.00 bc	53.11 ab	55.55 ab
2	SSM	75.62 a	61.24 a	68.43 a
3	SF	44.47 c	45.15 b	44.81 c
4	AY	64.07 ab	47.52 b	55.80 ab
5	% 75 SM + % 25 SSM	70.64 ab	52.27 ab	61.46 ab
6	% 50 SM + % 50 SSM	69.26 ab	54.34 ab	61.80 ab
7	% 25 SM + % 75 SSM	70.73 ab	56.56 ab	63.65 a
8	% 50 SM + % 50 SF	65.41 ab	49.76 ab	57.59 ab
9	% 50 SSM + % 50 SF	68.86 ab	55.65 ab	62.25 a
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	65.22 ab	49.37 ab	57.30 ab
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	63.47 ab	55.75 ab	59.61 ab
12	% 50 SM + % 50 AY	63.41 ab	50.21 ab	56.81 ab
13	% 50 SSM + % 50 AY	70.86 ab	53.13 ab	61.99 ab
<i>Ortalama**</i>		65,39 A	52,62 B	

** $p<0.01$ ve $p<0.05$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

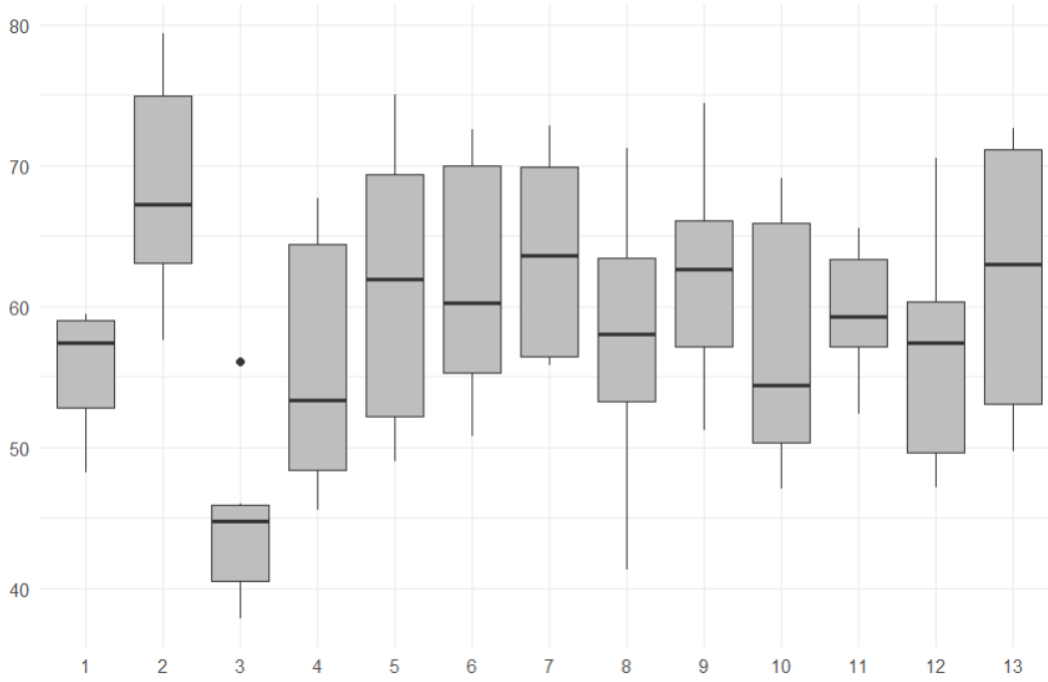
İki çalışma yılının ortalama değerlerinde ise NDF oranları % 44.81 – 68.43 aralığında değişmiştir. En düşük NDF oranı 3 numaralı (yalın SF) işleminde, en yüksek NDF oranı ise 2 numaralı işleminde bulunmuş, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler istatistiksel olarak bu işlemle aynı grupta yer almıştır.

2023 ve 2024 yıllarında elde edilen NDF değerlerinin, yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlem dışındaki bütün işlemlerde farklı ve 2024 yılında daha düşük olmasının, araştırma alanında 2023 ve 2024 yılında oluşan iklim olaylarındaki farklılık ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim tüm işlemlerden elde edilen silajların NDF oranları ortalaması 2023 yılı için % 65.39 ve 2024 yılı için %52.62 hesaplanmış, yapılan varyans analizi sonucunda farklılık, istatistiksel olarak anlamlı ve $p<0.01$ düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Silaj örneklerinin NDF oranlarına ait yıl x işlem etkileşim grafiği Şekil 4.35'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki etkileşimin çok önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek NDF % 75.6 ile 2023 yılında yalın SSM işleminde (2023-2) belirlenmiş, bu işlem 2023-2, 2023-4, 2023-5, 2023-6, 2023-7, 2023-8, 2023-9, 2023-10, 2023-11, 2023-12, 2023-13 ve 2024-2 işlemleri ile aynı grupta yer almıştır. En düşük NDF ise 2023 yılında yalın SF işleminde (2023-3) tespit edilmiş, bu işlem 2024-3 işlemi ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.35. Silajda NDF oranına ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.36. Silaj NDF oranlarına ilişkin kutu grafiği analizi

Şekil 4.36’da verilen kutu grafiğinde 3 numaralı işleme ait verilerde varyasyonun sınırlı olduğu ancak bir adet aykırı değer bulunduğu görülmektedir.

Kılıçalp ve diğerleri (2018) olgunluk aşamasına göre yemlerin rumende bozulma süreçlerini araştırdıkları çalışmalarında yemlerin NDF oranlarının SM, sorgum ve SSM için sırasıyla % 61.5, % 64.8 ve % 65.1 olarak, Esen ve diğerleri (2022) Tekirdağ ilinde sorgum,

mısır ve karışımlarının silaj kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında NDF oranlarını sorgum, mısır ve sorgum mısır karışımı silaj için sırasıyla % 55.4, % 52.1 ve % 58.8 olarak belirlendiğini, Zhao ve diğerleri (2022) Çin Halk Cumhuriyetinde yapılan 196 çalışmadan topladıkları verileri derledikleri çalışmalarında, araştırma sonuçlarına göre silajlık mısırdaki ortalama NDF oranının %51.60±9.85 olduğunu, Temür ve diğerleri (2021), AY ve SF silajları ile karışımlarının silaj kalitesinin değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında NDF oranlarının % 48.42 – 50.56 aralığında, Akkeçeci (2024) Kahramanmaraş ili Göksu ilçesinde farklı yeşil gübre uygulamalarını test etmek amacıyla yaptığı çalışmasında silajlık mısırdaki NDF oranının % 51.80 – 61.30 aralığında, Göler ve Özyazıcı (2024), Mardin ili Kızıltepe ilçesinde ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı sorgum çeşit ve genotiplerinin verim ve verim öğelerini araştırdıkları çalışmalarında NDF oranının %51.45-65.61 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen değerlerin, diğer araştırmacıların farklı lokasyonlarda buldukları ve yukarıda bir kısmı aktarılan değerler ile uyumlu olduğu, bunun yanında NDF oranlarında oluşan bazı ayrışmaların türler ve çeşitler arası farklılıklar ile iklim ve çevre koşullarındaki farklılıklar sebebiyle oluşabileceği değerlendirilmiştir.

4.3.7. Mineral madde içeriği (%)

Mineral maddeler, hayvan beslemesi için oldukça önemlidir. Minerallerin gerçekleştirdiği biyolojik işlevlerin gerçekleşebilmesi için hayvan tarafından emilen veya vücut rezervlerinden harekete geçirilen mineral miktarı, büyüme, gelişme ve üremeyle başa çıkmak ve süt gibi ürünler veya diğer boşaltım yollarıyla kaybedilen mineralleri yerine koymak için yeterli olması gerekmektedir (Boudon vd., 2019). Bu nedenle yetersiz mineral içeriğine sahip diyetler, hayvanların büyümesini, üretimini ve üreme sağlığını etkileyen bazı yapısal, fizyolojik veya immünolojik bozukluklara yol açabilir (Velladurai vd., 2016).

Çalışma kapsamında üretilen silajların mineral madde içerikleri de incelenmiş ve silajların P içerikleri Tablo 4.26'da verilmiştir. Elde edilen değerler üzerinde yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, 2023 yılında ve 2024 yılında işlemlerden elde edilen silajların P içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). İki çalışma yılının değerlerinin birleştirilmiş analizinde ise istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir.

2023 yılında silajlarda P içeriği % 0.205– 0.295 arasında değişmiştir. En yüksek P içeriği yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde bulunmuş, 2, 4, 5, 6, 7 ve 8 numaralı işlemler bu işlem ile aynı grupta yer almıştır. En düşük P içeriği ise 11 numaralı işlemde tespit edilmiş,

9, 10, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

2024 yılında silajlarda P içeriğinin % 0.254 – 0.400 arasında değişmiştir. En yüksek P içeriği 4 numaralı işlemde belirlenmiş, 3, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük P içeriği ise 11 numaralı işlemde tespit edilmiş, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

İki yılın ortalamasında ise silajların fosfor içeriğinin % 0.230– 0.319 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma yılları arasında da silajların P içeriği bakımından anlamlı istatistiksel farklılık bulunduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Tüm işlemlerin ortalamasında P içeriği birinci yıl % 0.241 olurken, ikinci yıl % 0.298 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmada ele alınan işlemlerden elde edilen tüm yemlerin P içeriklerinin, hayvan sağlığı ve verimliliğini sağlama bakımından yeterli düzeyde olduğu görülmüştür.

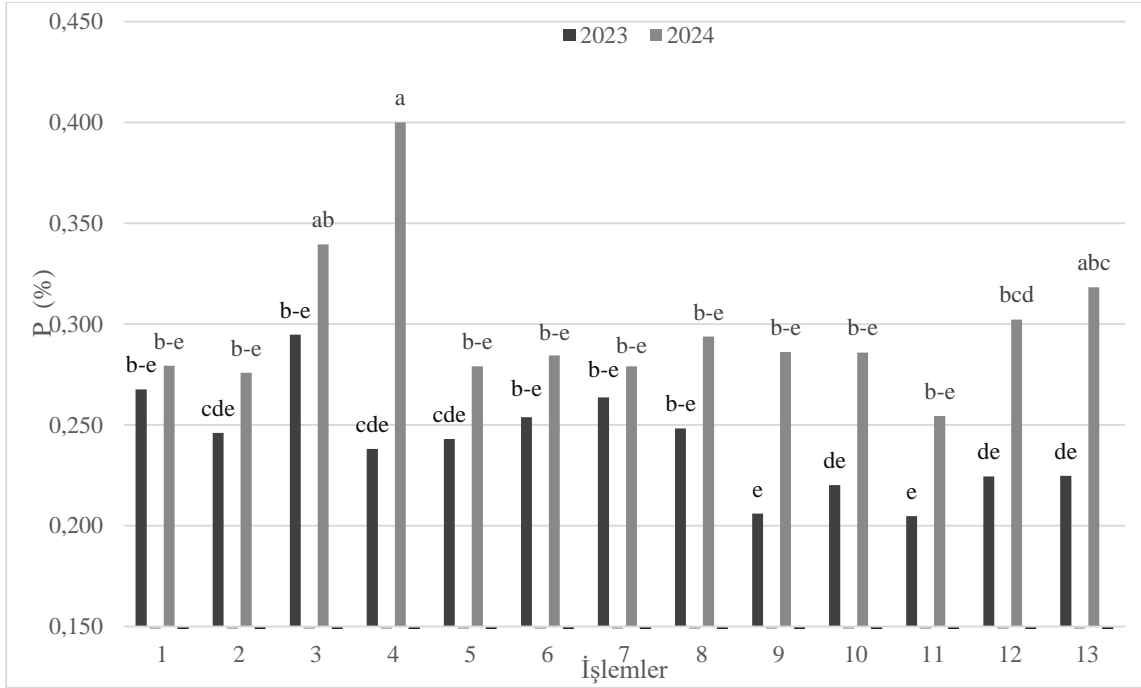
Tablo 4.26. Silajlarda belirlenen ortalama P içerikleri (%)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama
1	SM	0.268 ab	0.279 b	0.274
2	SSM	0.246 ab	0.276 b	0.261
3	SF	0.295 a	0.339 ab	0.317
4	AY	0.238 ab	0.400 a	0.319
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.243 ab	0.279 b	0.261
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.254 ab	0.285 b	0.269
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.264 ab	0.279 b	0.271
8	% 50 SM + % 50 SF	0.248 ab	0.294 b	0.271
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.206 b	0.286 b	0.246
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.220 b	0.286 b	0.253
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.205 b	0.254 b	0.230
12	% 50 SM + % 50 AY	0.224 b	0.302 ab	0.263
13	% 50 SSM + % 50 AY	0.225 b	0.318 ab	0.272
<i>Ortalama**</i>		<i>0.241 B</i>	<i>0.298 A</i>	

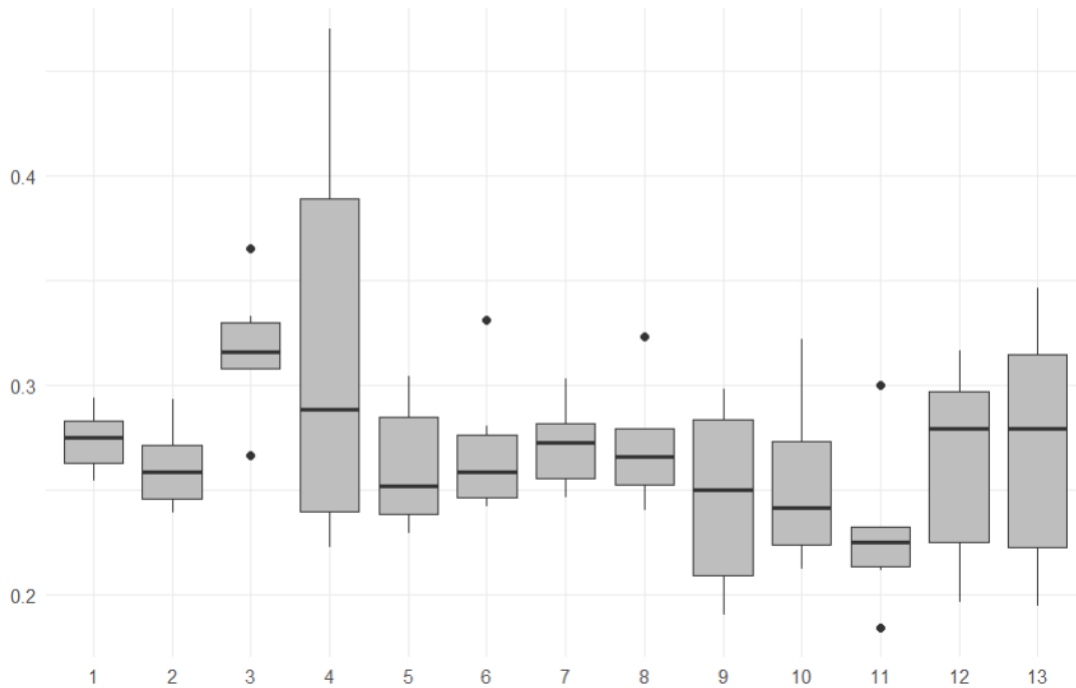
** $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Silaj örneklerinin P içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.37'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek P % 0.400 ile 2024 yılında yalnız AY işleminde (2024-4) belirlenmiş, bu işlem 2024-3, ve 2024-13 işlemleri ile aynı grupta yer almıştır. En düşük P ise 2023 yılında % 50 SSM + % 50 SF ÜG- işleminde (2023-11) tespit edilmiş, bu işlem 2023-9 işlemi ile aynı grupta yer almıştır.

Şekil 4.38'de verilen kutu grafiği analizinde ise 4 numaralı işlemde varyasyonun oldukça yüksek olduğu, bu durumun ayçiçeği bitkisinden kaynaklandığı ve ayçiçeği bitkisininin karışıma girdiği diğer işlemlere de kısmen yansıdığı görülebilmektedir.



Şekil 4.37. Silajda P içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.38. Silajların P içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Silajların K içerikleri Tablo 4.27'de verilmiş, yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, elde edilen K değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir

($p<0.01$). Analiz sonucunda ilemlerden iki çalışma yılında elde edilen K değerleri arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Tablo 4.27. Silajlarda belirlenen ortalama K içerikleri (%)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama **
1	SM	1.251 b-e	0.899 ef	1.075 c
2	SSM	1.204 b-e	1.335 c-f	1.270 c
3	SF	2.420 a	2.978 ab	2.699 ab
4	AY	1.884 ab	3.939 a	2.911 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	1.362 bcd	0.794 f	1.078 c
6	% 50 SM + % 50 SSM	1.282 b-e	0.950 ef	1.116 c
7	% 25 SM + % 75 SSM	1.145 b-e	1.132 def	1.138 c
8	% 50 SM + % 50 SF	0.819 cde	1.775 c-f	1.297 c
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.870 cde	1.455 c-f	1.162 c
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.458 e	1.383 c-f	0.920 c
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.548 de	1.987 b-e	1.268 c
12	% 50 SM + % 50 AY	1.101 b-e	2.232 bcd	1.667 bc
13	% 50 SSM + % 50 AY	1.656 abc	2.386 bc	2.021 abc
<i>Ortalama**</i>		<i>1.231 B</i>	<i>1.788 A</i>	

** $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

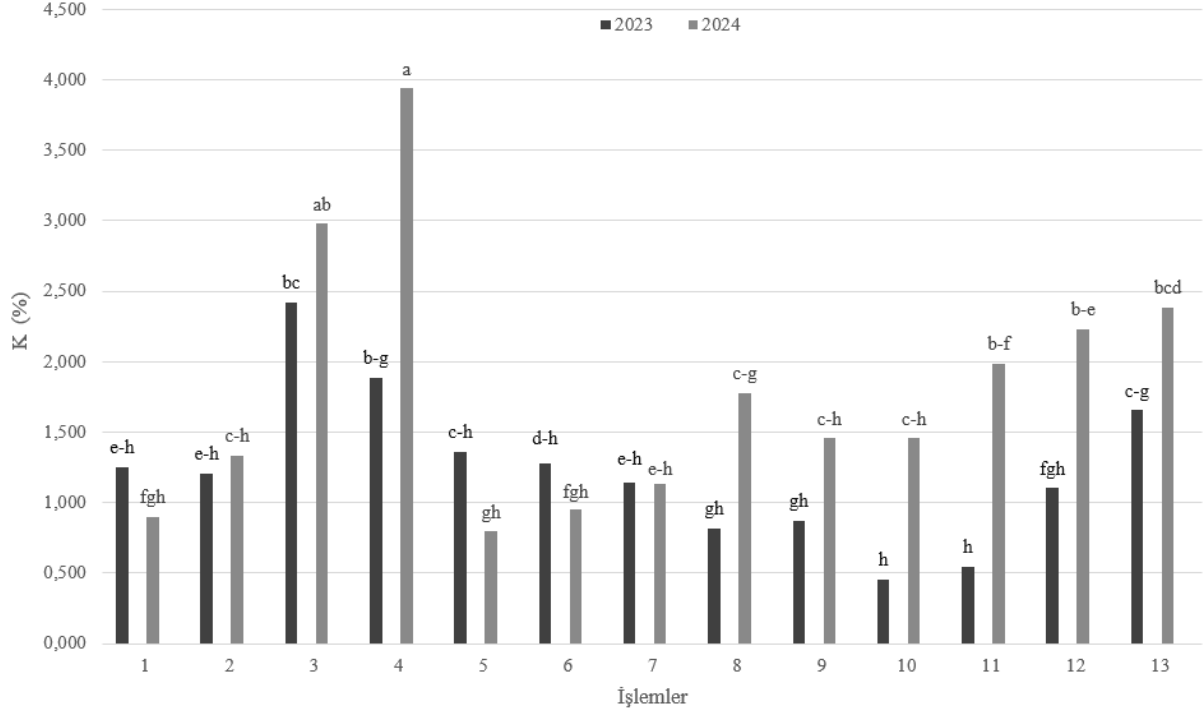
2023 yılında silajlarda K içeriğinin % 0.458 – 2.420 arasında değiştiği, en yüksek K içeriği 3 numaralı işlemde bulunmuş, 4 numaralı (yalın AY) ve 13 numaralı (% 50 SSM + % 50 AY) işlemler de istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük K içeriği ise 11 numaralı işlemde tespit edilmiştir.

2024 yılında elde edilen silajlarda ise K içeriğinin % 0.794 - 3.939 arasında değişmiştir. En yüksek K içeriği 4 numaralı işlemde tespit edilmiş, 3 numaralı işlem bu işlem ile aynı grupta yer almıştır. En düşük K içeriği ise 5 numaralı işlemde (% 75 SM + % 25 SSM) tespit edilmiştir.

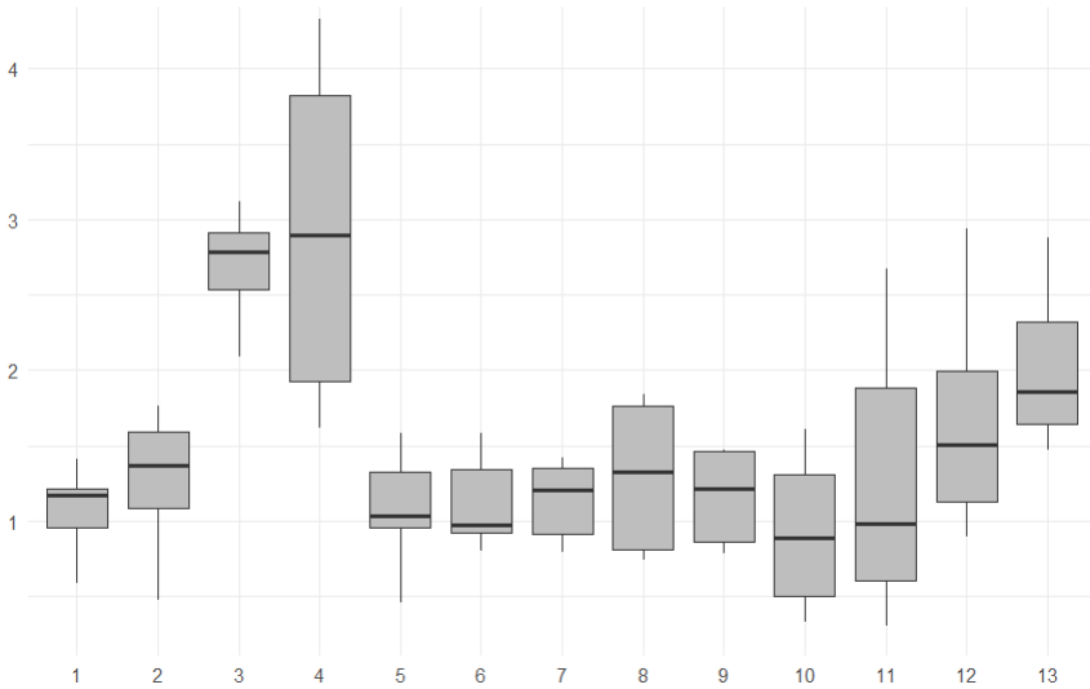
İki çalışma yılına ait değerler birlikte değerlendirildiğinde ise yemlerde K içeriğinin % 0.920 – 2.911 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek K içeriği 4 numaralı işlemde bulunmuş, 3 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük K içeriği 10 numaralı işlemde tespit edilmiş, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 ve 11 numaralı işlemler istatistiksel olarak bu işlem ile aynı grupta yer almıştır.

Silaj örneklerinin K içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.39'da verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek K % 3.939 ile

2024 yılında yalnız AY işleminde (2024-4) belirlenmiş, bu işlem 2024-3 işlemi ile aynı grupta yer almıştır. En düşük K ise 2023 yılında % 50 SM + % 50 SF ÜG- işleminde (2023-10) tespit edilmiş, bu işlem 2023-11 işlemi ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.39. Silajda K içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.40. Silajların K içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Bununla birlikte kutu grafiği analizi Şekil 4.40'ta verilmiş olup işlemlerden elde edilen silajların K içeriğindeki varyasyonların 4 numaralı işlemde yüksek düzeyde olduğu, işlemlerin K içeriklerinde aykırı değer tespit edilmediği grafikte görülmektedir.

İşlemlerden elde edilen ve analizi yapılan kuru ot örneklerinin Ca içerikleri Tablo 4.28'de verilmiş, yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, değerler arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Yapılan analizde çalışma yıllarında aynı işlemde elde edilen Ca içerikleri arasında ise anlamlı farklılık bulunmadığı görülmüştür.

2023 yılında elde edilen silajlarda Ca içeriğinin % 0.263 – 1.640 arasında değişmiştir. En yüksek Ca içeriği 11 numaralı işlemde bulunmuş, 3, 4, 8, 9, 10, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Silajlarda en düşük Ca içeriği 1 numaralı işlemde belirlenmiştir. 2, 5, 6 ve 7 numaralı işlemlerin Ca içerikleri istatistiksel olarak bu işlem ile aynı grupta yer almıştır.

Tablo 4.28. Silajlarda belirlenen ortalama Ca içerikleri (%)

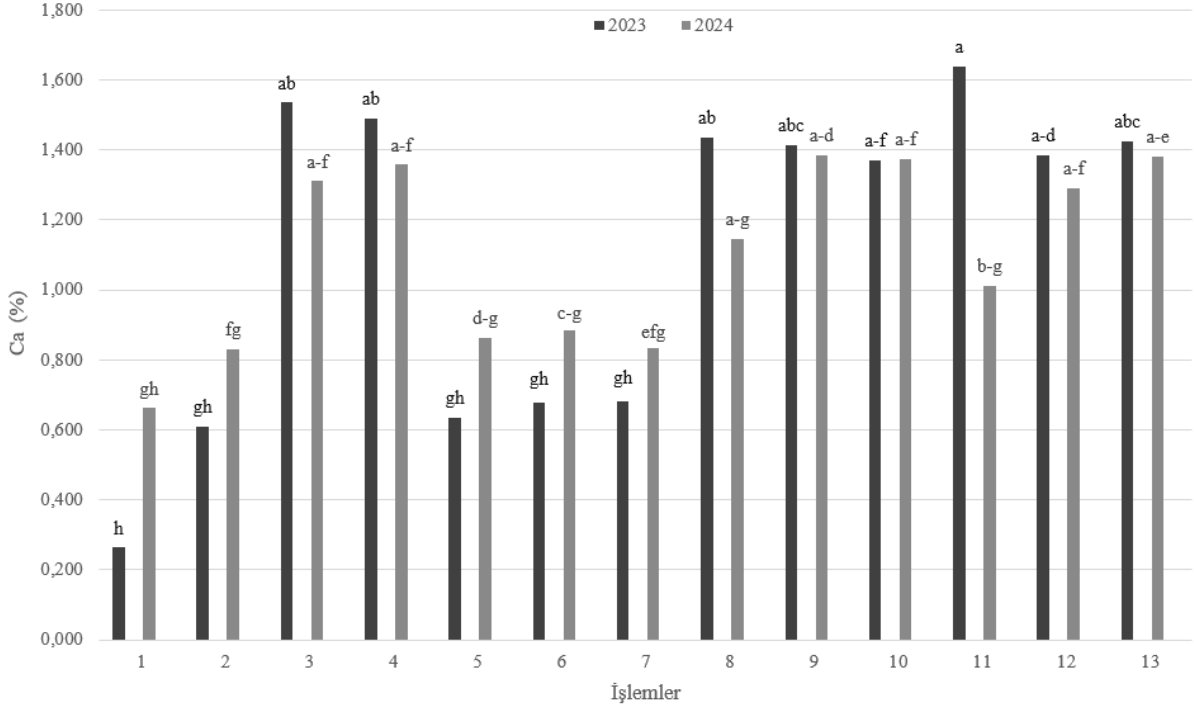
Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama **
1	SM	0.263 b	0.662 d	0.463 b
2	SSM	0.608 b	0.830 cd	0.719 b
3	SF	1.536 a	1.311 abc	1.423 a
4	AY	1.491 a	1.358 ab	1.425 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.635 b	0.864 cd	0.750 b
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.677 b	0.886 bcd	0.781 b
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.681 b	0.835 cd	0.758 b
8	% 50 SM + % 50 SF	1.437 a	1.145 a-d	1.291 a
9	% 50 SSM + % 50 SF	1.413 a	1.384 a	1.399 a
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	1.370 a	1.374 ab	1.372 a
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	1.640 a	1.011 a-d	1.325 a
12	% 50 SM + % 50 AY	1.385 a	1.290 abc	1.337 a
13	% 50 SSM + % 50 AY	1.424 a	1.381 a	1.402 a
<i>Ortalama</i>		<i>1.120</i>	<i>1.102</i>	

** $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

2024 yılında elde edilen yemlerde ise Ca içeriğinin % 0.662 – 1.384 arasında değişmiştir. En yüksek Ca içeriği 9 numaralı işlemde bulunmuş, 3, 4, 8, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler de bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük Ca içeriği ise 1 numaralı işlemde tespit edilmiştir.

İki çalışma yılına ait değerler birlikte değerlendirildiğinde ise silajlarda Ca içeriğinin %

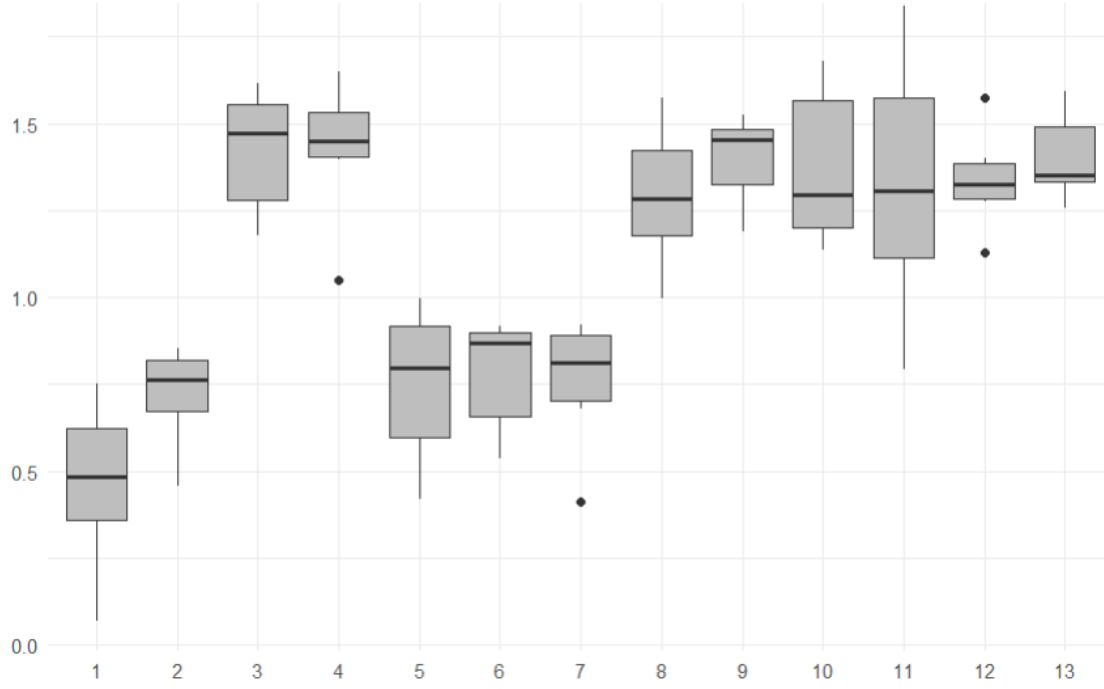
0.463 – 1.425 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Ca içeriği 4 numaralı işlemde görülmüş, 3, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile aynı grupta yer almıştır. En düşük Ca içeriği ise 1 numaralı işlemde bulunmuş, 2, 5, 6 ve 7 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bu sonuçlara göre yalnız SM işlemi hariç işlemlerden elde edilen silajların yeterli düzeyde Ca içeriğine sahip olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4.41. Silajda Ca içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği

Silaj örneklerinin Ca içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.41’de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek Ca % 1.640 ile 2023 yılında % 50 SSM + % 50 SF ÜG- işleminde (2023-11) belirlenmiş, bu işlem 2023-3, 2023-4, 2023-5, 2023-6, 2023-7, 2023-8, 2023-9, 2023-10, 2023-12, 2023-13, 2024-3, 2024-4, 2024-8, 2024-9, 2024-10, 2024-12 ve 2024-13 işlemleri ile aynı grupta yer almıştır. En düşük Ca ise 2023 yılında yalnız SM işleminde (2023-1) tespit edilmiştir.

Bununla birlikte kutu grafiği analizi Şekil 4.42’de verilmiş olup işlemlerden elde edilen silajların Ca içeriğine ait varyasyonların düşük düzeyde olduğu, 3, 7 ve 12 numaralı işlemlerde istatistiksel olarak aykırı kabul edilen değerler elde edildiği görülebilmektedir. Söz konusu değerler grafikte nokta ile işaretlenerek gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Silajların Ca içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Araştırmada elde edilen ve analizi yapılan silaj örneklerinin Mg içerikleri Tablo 4.29'da verilmiş, yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, ilk yıl ve ikinci yıl elde edilen değerlerde ($p < 0.01$) ve iki yıl ortalama değerlerinde ($p < 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Yapılan varyans analizi Mg içerikleri bakımından yıllar arasında da istatistiksel olarak çok anlamlı fark olduğunu göstermiştir ($p < 0.01$).

Tablo 4.29. Silajlarda belirlenen ortalama Mg içerikleri (%)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024 **	Ortalama *
1	SM	0.257 b	0.150 cde	0.203 b
2	SSM	0.225 b	0.156 b-e	0.190 b
3	SF	0.380 a	0.308 a	0.344 a
4	AY	0.406 a	0.233 ab	0.319 a
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.244 b	0.101 e	0.173 b
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.249 b	0.119 de	0.184 b
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.213 b	0.132 de	0.173 b
8	% 50 SM + % 50 SF	0.403 a	0.194 bcd	0.299 a
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.420 a	0.181 b-e	0.300 a
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.438 a	0.182 bcd	0.310 a
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.478 a	0.175 b-e	0.326 a
12	% 50 SM + % 50 AY	0.427 a	0.214 bc	0.321 a
13	% 50 SSM + % 50 AY	0.434 a	0.197 bcd	0.316 a
<i>Ortalama**</i>		<i>0.352 A</i>	<i>0.180 B</i>	

** $p < 0.01$ ve * $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

2023 yılında elde edilen silajlarda Mg içeriğinin % 0.213 – 0.478 arasında değişmiştir.

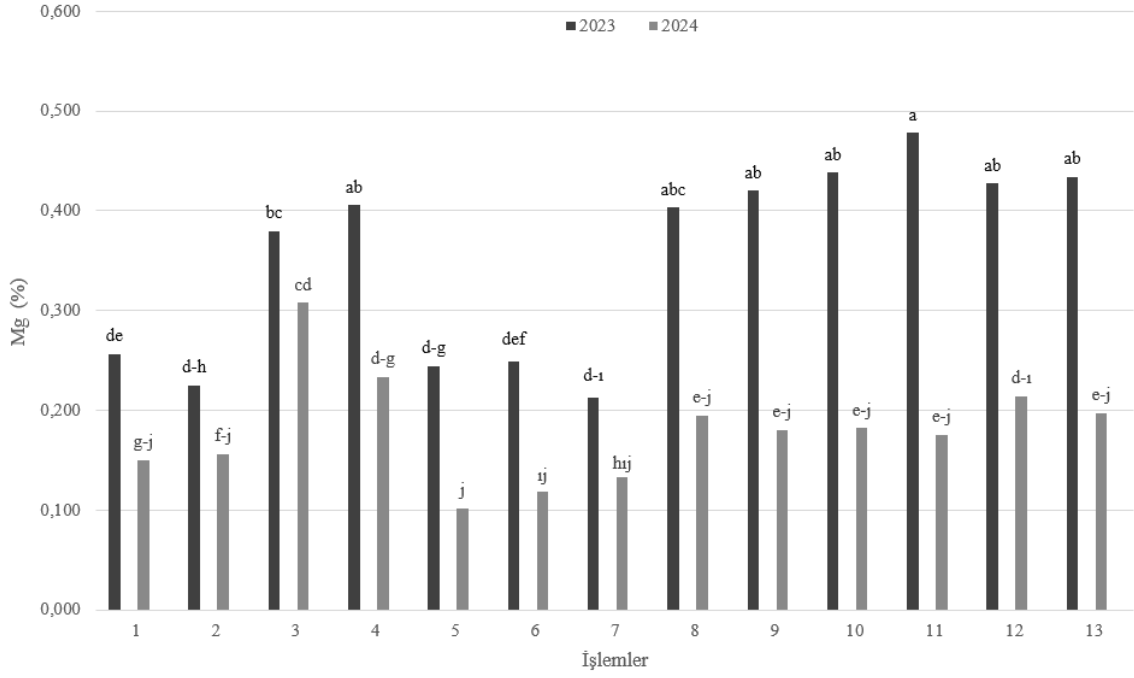
En yüksek Mg içeriği 11 numaralı işlemde bulunmuş, 3, 4, 8, 9, 10, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En dūřuk Mg içeriği 7 numaralı işlemde tespit edilmiş, 1, 2, 5 ve 6 numaralı işlemler istatistiksel olarak bu işlem ile aynı grupta yer almıştır.

2024 yılında elde edilen silajlarda ise Mg içeriği % 0.101 – 0.308 arasında değişmiştir. En yüksek Mg içeriği 3 numaralı işlemde belirlenmiş, % 0.308, 4 numaralı işlem bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En dūřuk Mg içeriği ise 7 numaralı işlemde belirlenmiştir.

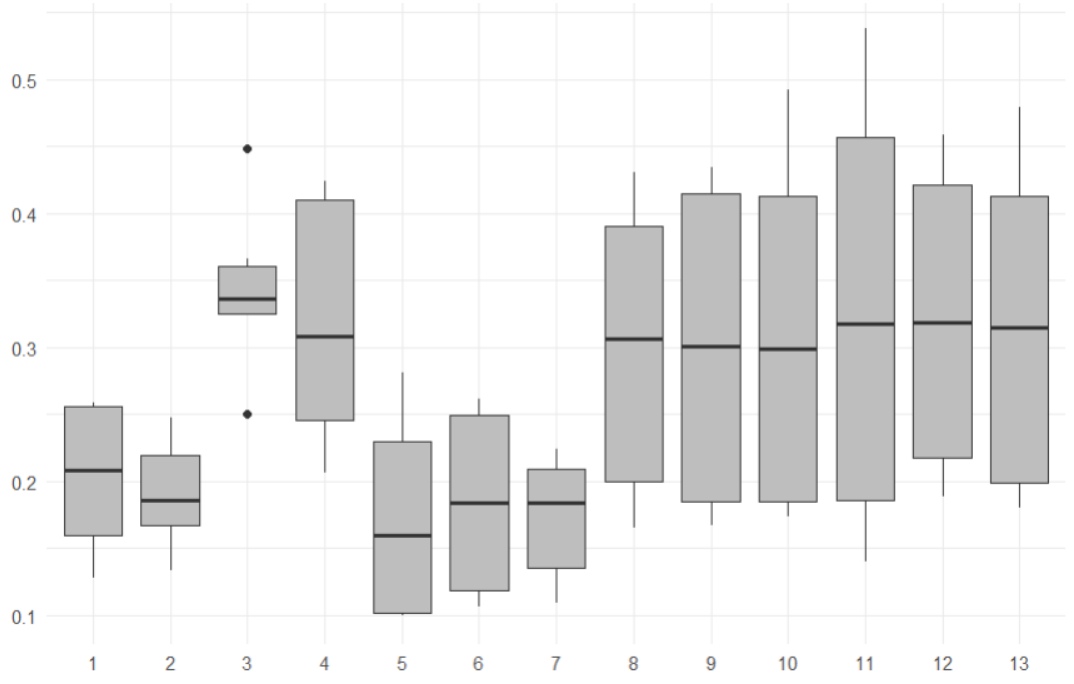
İki alışma yılı değerlerinin birleştirilmiş analizinde ise silajlarda Mg içeriğinin % 0.173 – 0.344 arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek Mg içeriği 3 numaralı işlemde görülmüş, 4, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En dūřuk Mg içeriği ise 5 numaralı işlemde bulunmuş olup 1, 2, 6 ve 7 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. 2, 5, 6 ve 7 numaralı işlemlerden elde edilen silajların Mg içeriklerinin rasyonlarda bulunması gereken minimum Mg düzeylerinin altında kaldığı, bu tür yemlerin Mg içeriği yüksek yemlerle birlikte rasyona dahil edilmesi gerektiği, diğer yemlerde ise yeterli düzeyde Mg bulunduğu değerlendirilmiştir.

Silaj rneklerinin Mg içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Őekil 4.43'de verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek Mg % 0.478 ile 2023 yılında % 50 SSM + % 50 SF g- işleminde (2023-11) belirlenmiş, bu işlem, 2023-4, 2023-8, 2023-9, 2023-10, 2023-12 ve 2023-13 işlemleri ile aynı grupta yer almıştır. En dūřuk Mg ise 2024 yılında % 75 SM + % 25 SSM işleminde (2024-5) tespit edilmiştir.

Şekil 4.44'da verilen kutu grafiği analizi incelendiğinde görülebileceği üzere silajlarda Mg içeriğindeki varyasyonların 2 ve 3 numaralı işlemlerde daha dar bir aralıkta gerçekleşmiş ancak 3 numaralı işlemde iki adet aykırı değer belirlenmiş ve söz konusu değerler grafikte işaretlenmiştir.



Şekil 4.43. Silajda Mg içeriğine ait yıl x işlem etkileşim grafiği



Şekil 4.44. Silajların Mg içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Soe Htet ve diğerleri (2016) Çin Halk Cumhuriyetinde yem ve silaj mısır verimini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmalarında, silajlarda ortalama P, K, Ca ve Mg içeriklerinin sırasıyla % 0.3, % 1.2, % 1.2 ve % 0.4 olarak belirlendiğini, Ateş ve Çağan (2023) Bingöl ilinde farklı taban gübresi uygulamalarının silajlık mısır çeşitlerinin verim ve kalitesini araştırmak için yaptıkları çalışmalarında, ortalama P, K, Ca ve Mg içeriklerinin sırasıyla % 0.25, % 1.08, % 0.16 ve % 0.22 olarak belirlendiğini bildirmiş, önceki yıllarda bu çalışma ile aynı lokasyonda,

22 farklı mısır çeşidi kullanarak yaptığımız çalışmada elde edilen silajların K içeriğinin % 1.867 - % 3.203, P içeriği % 4.453 - % 0.320, Ca içeriği % 0.213 - 0.490 ve Mg içeriği ise % 0.110 – 0.217 arasında değiştiği belirlenmiştir (Burgu ve Mut, 2023).

Çalışmada ele alınan işlemlerden elde edilen silajların mineral madde içeriği değerleri, diğer araştırmacılar tarafından bulunan değerler ile uyumludur. Bununla birlikte Özyazıcı ve Açıkbay (2020) Diyarbakır ilinde SSM ve sudanotu bitkileri ile yaptıkları ve farklı hasat zamanlarını test ettikleri çalışmalarında, en yüksek mineral içeriğinin Nutri-Honey çeşidinden bulunduğunu ((% 0.35 P, % 2.11 K, % 0.56 Ca ve % 0.19 Mg), olgunlaşma arttıkça bitkilerde Mg, P ve K içeriğinin azaldığını Ca içeriğinin ise arttığını, Korkmaz ve diğerleri (2020), çeşitli gübre uygulamalarına bağlı olarak silajlık mısırdaki mineral madde içeriğinin değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu kapsamda yapılan değerlendirmede, sınırın bir miktar altında Ca içeriği tespit edilen 1 numaralı işlem ve sınırın bir miktar altında Mg içeriği tespit edilen 2, 5, 6 ve 7 numaralı işlemler için mevcut durumun, hasat zamanı ile iklim ve toprak koşullarından kaynaklanmış olabileceği, uygulamada veya sonraki araştırma faaliyetlerinde benzer bir durum ile karşılaşılması durumunda farklı bitki besleme uygulamaları ile mineral madde içeriklerinin arttırılabileceği değerlendirilmiştir.

4.3.8. Kondense tanen içeriği (%)

Tanenlerin, ruminantlarda proteinlerin rumende meydana gelebilecek bozunmalarını azaltabildiği ve ince bağırsakta amino asit emilimini arttırdığı bilinmektedir (Barry ve McNabb, 1999). Bunun yanında Bacaksız ve Azman (2022) silajlarda tanen arttırımının özellikle yüksek proteinli yemlerin silolanmasını kolaylaştırabileceğini, yem kalitesini artırabileceğini, besin maddesi ihtiyacını karşılamada katkı sağlayabileceğini, hayvansal kaynaklı meta gazı salınımının azaltılmasına destek olabileceğini bildirmiştir. Jayenagara ve diğerleri de (2019) benzer şekilde, tanenlerin rumende olduğu gibi silolamada da protein bozunumunu azaltabileceğini varsayımı ile 16 yayınlanmış makale ve 122 veri seti üzerinde yaptıkları çalışmada, tanenlerin silolama sırasında meydana gelebilecek kapsamlı proteolizi sınırlama yeteneğine sahip olduğu ve bu sayede silajların fermantasyon kalitesini artırabileceği sonucuna varmış, bunun yanında bütirat üreten mikropların aktivitesini sınırlama özelliğinin de istenen bir yan etki olarak göze çarptığını bildirmiştir.

Araştırmada elde edilen ve analizi yapılan silajların kondense tanen içerikleri Tablo 4.30' da verilmiş, tabloda aktarılan kondense tanen verileri için tek yönlü varyans analizi

yapılmış, analiz sonucunda, 2023 ve 2024 yılı verilerinde işlemler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Her iki yılda elde edilen değerlerin birlikte değerlendirildiği durumda ise işlemlerden elde edilen silajların kondense tanen içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Analiz sonucunda kondense tanen içerikleri bakımından iki çalışma yılı arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

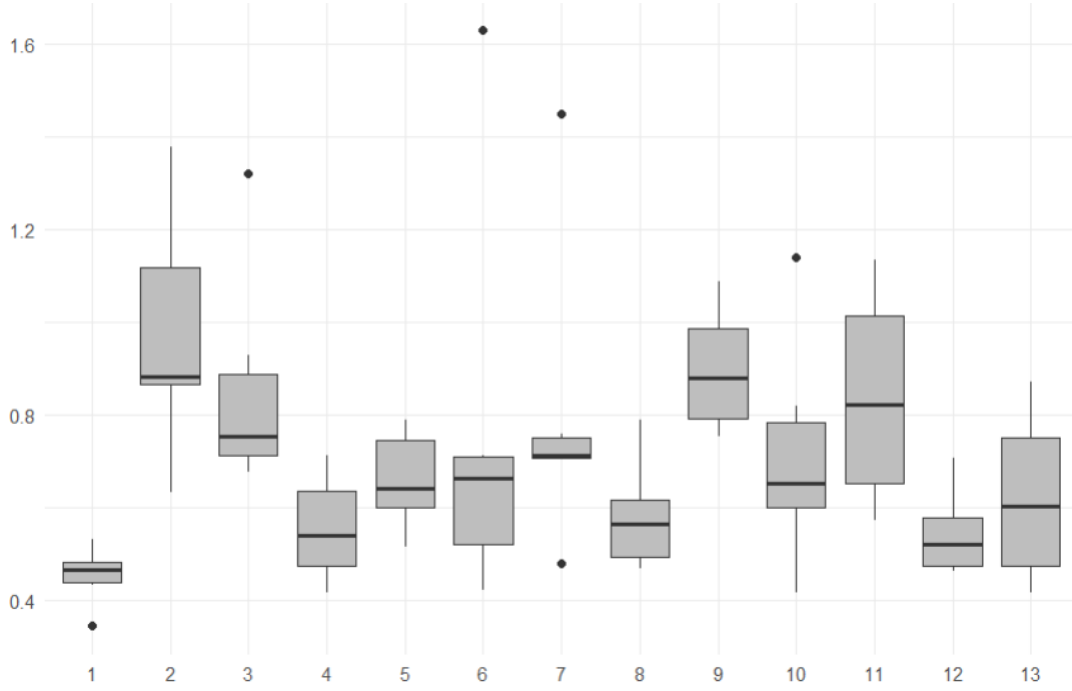
Tablo 4.30. Silajlarda belirlenen ortalama kondense tanen içerikleri (%)

Sıra no	İşlemler	2023	2024	Ortalama **
1	SM	0.424	0.483	0.454 b
2	SSM	1.446	0.798	0.971 a
3	SF	0.983	0.728	0.856 ab
4	AY	0.557	0.549	0.553 ab
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.578	0.738	0.658 ab
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.913	0.611	0.762 ab
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.975	0.631	0.803 ab
8	% 50 SM + % 50 SF	0.498	0.664	0.581 ab
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.901	0.892	0.896 ab
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.679	0.742	0.711 ab
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.905	0.767	0.836 ab
12	% 50 SM + % 50 AY	0.582	0.506	0.544 ab
13	% 50 SSM + % 50 AY	0.775	0.463	0.619 ab
<i>Ortalama*</i>		<i>0.786</i>	<i>0.659</i>	

** $p<0.01$, * $p<0.05$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

2023 yılında elde edilen silajlarda kondense tanen içeriği %, 0.424 – 1.446 arasında, ikinci çalışma yılı olan 2024 yılında elde edilen silajlarda kondense tanen arasında, ikinci 0.463– 0.798 arasında değişmiştir. İki yılın verilerinin birleştirilmiş analizinde ise % 0.454 – 0.971 arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek kondense tanen içeriği 2 numaralı işlemde elde edilmiş, 1 numaralı (yalın SM) harici diğer işlemler de yalın SSM ile aynı grupta yer almıştır. En düşük kondense tanen içeriği ise 1 numaralı işlemde (yalın SM) belirlenmiştir. Tüm işlemlere ait silajların araştırmacılar tarafından önerilen üst limit olan % 4 oranının altında kondense tanen içerdiği, bu bakımdan hayvan beslemede kullanılmalarının uygun olacağı değerlendirilmiştir (Barry vd., 1986; Waghorn vd., 1990).

Şekil 4.45’de işlemlerden elde edilen kondense tanen içeriği değerlerinin varyasyonlarını gösteren kutu grafiği verilmiş olup grafikte 1, 3, 6, 7 ve 9 numaralı işlemlerde tespit edilen aykırı değerler görülebilmektedir.



Şekil 4.45. Silajların kondense tanen içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Kaplan ve diğerleri (2014) yabancı korunga otu üzerinde yaptıkları çalışmada, kondense tanen içeriğinin % 2.49 - 4.71 arasında değiştiğini, Yıldırım ve diğerleri (2021) Bilecik ilinde Aktaş Yoncası genotiplerinin sekonder metabolit içeriği bakımından değerlendirilmesi için yaptıkları çalışmada, ortalama kondense tanen içeriğinin % 0.611 olarak belirlendiğini bildirmiştir. Bununla birlikte Carneiro ve diğerleri (2006), sorgum bitkilerinde tanelerde kuş zararının azaltılması için araştırmacıların yüksek tanen içeriğine sahip çeşitlerin geliştirilmesine odaklandığını ancak yem bitkisi olarak kullanılması durumunda yüksek düzeyde tanenin yem tüketimini ve yemden faydalanmayı azaltıcı bir unsur olduğunu belirttikleri çalışmada, yabancı, hibrit ve standart çeşitlerden oluşan materyallerinden elde ettikleri silajlarda kondense tanen içeriğinin % 0 ile % 10.6 arasında değiştiğini bildirmiştir.

4.3.9. Organik asit içeriği (%)

Silajın korunması, anaerobik koşullara ve hasat sırasında bitki yüzeyinde bulunan epifitik laktik asit bakterileri tarafından sağlanan asitlenmeye bağlıdır (Weinberg vd. 2010). Silajda pH değerini düşürmekten sorumlu birincil asit, laktik asit bakterileri tarafından suda çözünen karbonhidratlar kullanılarak üretilen laktik asittir (Tyrolova vd., 2017). Bununla birlikte laktik asit bakterileri anaerobik koşullar altında laktik asidi asetik aside ve 1,2-propandiole dönüştürür, bu sayede silajın aerobik stabilitesini iyileştirir ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların çalışmasını sınırlar (Pang vd., 2024).

Silajlarda laktik asit/asetik asit oranı, fermantasyonunun verimliliğinin bir göstergesi olarak kullanılmakta olup araştırmacılar tarafından bu oranın 3/1'den az olmaması gerektiği ve bu değerden daha yüksek olmasının olumlu bir unsur olduğu bildirilmiştir (Jalc vd., 2010).

Araştırmada elde edilen ve analizi yapılan silajların laktik asit içerikleri Tablo 4.31' de verilmiş, elde edilen verilerde yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, 2023 yılı için elde edilen LA değerleri arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılık bulunduğu ($p < 0.01$), 2024 yılı ve her iki yılın sonuçlarının birlikte değerlendirildiğinde ise işlemler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Yapılan varyans analizi silajların LA içeriği bakımından çalışma yılları arasında da önemli farklılık bulunmadığını göstermiştir.

2023 yılında silajlarda LA içeriğinin % 0.745 – 3.854 arasında değiştiği, en yüksek LA içeriği 13 numaralı işlemde belirlenmiş, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ve 10 numaralı işlemler de bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır. En düşük LA içeriği 11 numaralı işlemde belirlenmiş, 3 numaralı işlem bu işlem ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır.

2024 yılında elde edilen silajlarda LA içeriğinin % 1.508 – 4.102 arasında, iki çalışma yılı değerlerinin birleştirilmiş analizinde ise LA içeriğinin % 1.191 – 3.004 arasında değiştiği belirlenmiştir.

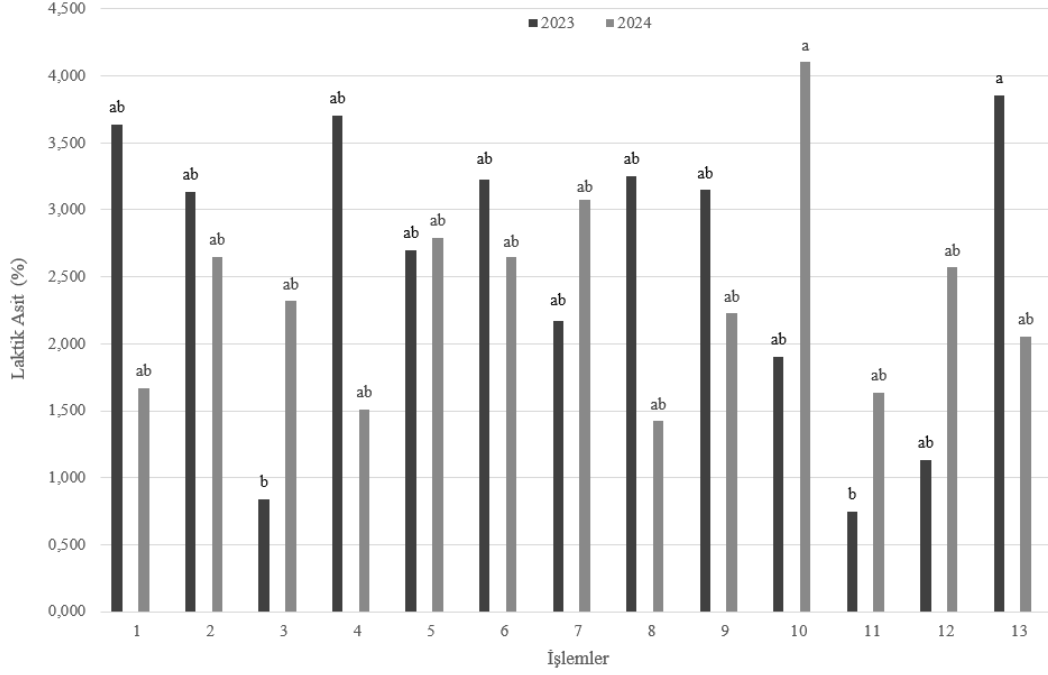
Tablo 4.31. Silaj örneklerinde belirlenen ortalama laktik asit içerikleri (%)

Sıra no	İşlemler	2023 **	2024	Ortalama
1	SM	3.637 ab	1.666	2.652
2	SSM	3.137 abc	2.649	2.893
3	SF	0.842 c	2.319	1.580
4	AY	3.706 ab	1.508	2.607
5	% 75 SM + % 25 SSM	2.698 abc	2.789	2.743
6	% 50 SM + % 50 SSM	3.224 abc	2.645	2.934
7	% 25 SM + % 75 SSM	2.168 abc	3.074	2.621
8	% 50 SM + % 50 SF	3.254 abc	1.422	2.338
9	% 50 SSM + % 50 SF	3.147 abc	2.225	2.686
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	1.906 abc	4.102	3.004
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.745 c	1.636	1.191
12	% 50 SM + % 50 AY	1.133 bc	2.570	1.851
13	% 50 SSM + % 50 AY	3.854 a	2.055	2.955
	<i>Ortalama</i>	2.573	2.358	

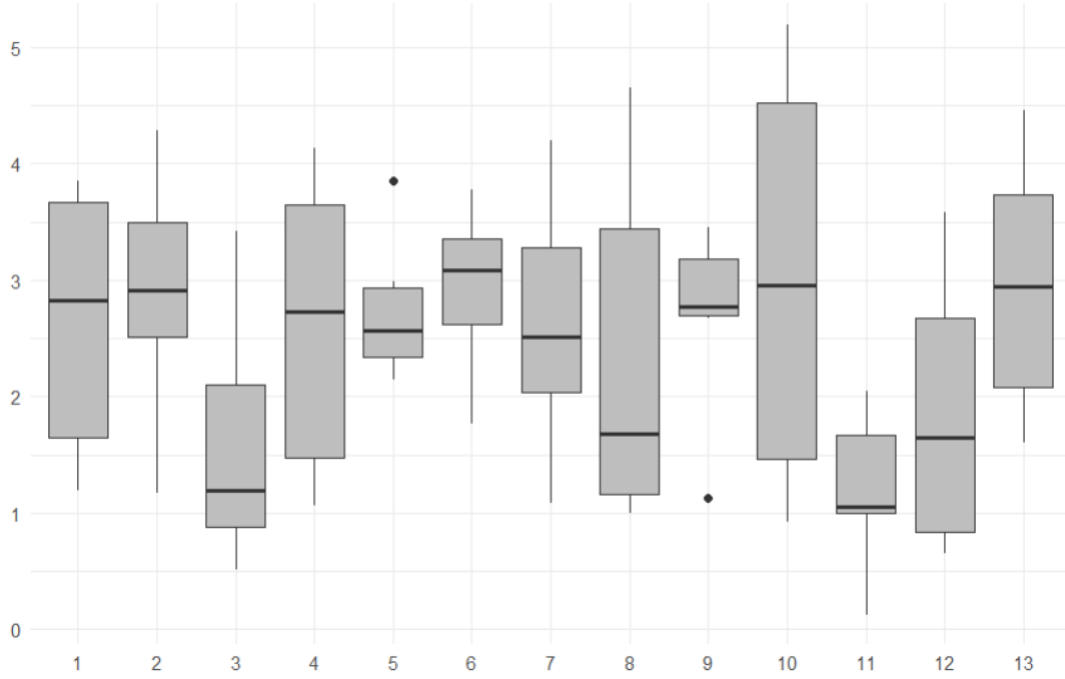
** $p < 0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Silajların LA içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.46'da verilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu

saptanmıştır ($p<0.01$). İşlemlerin laktik asit içerikleri % 0.745 ile 4.102 arasında değişim göstermiştir. Silajların LA içeriklerine ilişkin kutu grafiği analizi Şekil 4.47’de verilmiş olup grafikte 10 numaralı işleme ait LA içeriği değerlerinin daha geniş bir değişim aralığına sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.46. Silajda laktik asit içeriğine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği



Şekil 4.47. Silajların laktik asit içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi.

Araştırmada elde edilen ve analizi yapılan silajların laktik asit içerikleri Tablo 4.32' de

verilmiş, elde edilen verilerde yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, elde edilen AA değerleri arasında işlemler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Ancak silajların AA içeriği bakımından çalışma yılları arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılık bulunduğu belirlenmiştir ($p<0.01$).

Tablo 4.32. Silajlarda belirlenen ortalama asetik asit içerikleri (%)

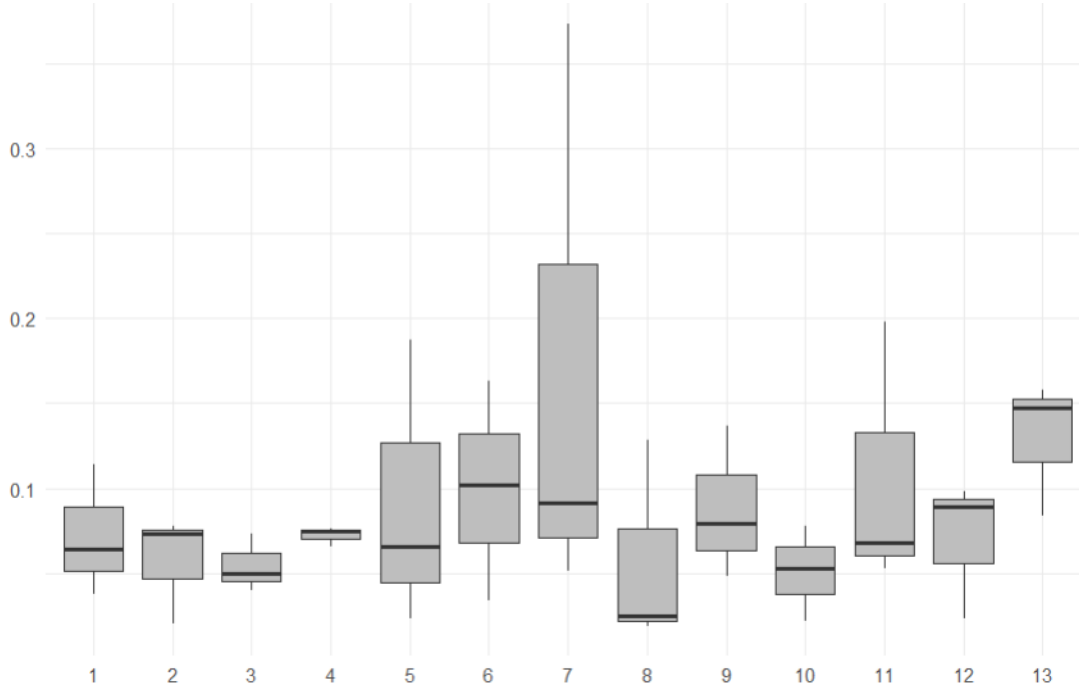
Sıra no	İşlemler	2023	2024	Ortalama
1	SM	0.285	0.072	0.178
2	SSM	0.227	0.057	0.142
3	SF	0.157	0.054	0.106
4	AY	0.202	0.072	0.137
5	% 75 SM + % 25 SSM	0.164	0.092	0.128
6	% 50 SM + % 50 SSM	0.219	0.100	0.160
7	% 25 SM + % 75 SSM	0.522	0.172	0.347
8	% 50 SM + % 50 SF	0.269	0.057	0.163
9	% 50 SSM + % 50 SF	0.286	0.088	0.187
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	0.179	0.051	0.115
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	0.239	0.106	0.173
12	% 50 SM + % 50 AY	0.273	0.070	0.171
13	% 50 SSM + % 50 AY	0.235	0.130	0.182
<i>Ortalama**</i>		<i>0.251 A</i>	<i>0.086 B</i>	

** $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

AA içeriğinin, 2023 yılında elde edilen silajlarda % 0.164 – 0.286 arasında, 2024 yılında elde edilen silajlarda % 0.051 – 0.172 arasında, iki çalışma yılı değerlerinin birleştirilmiş analizinde ise % 0.106 – 0.347 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Şekil 4.48’de verilen kutu grafiği analizinde de 7 numaralı işlemde elde edilen verilerin değişim aralığının diğer işlemlere kıyasla belirgin şekilde yüksek olduğu, yalnız AY ekimi yapılan 4 numaralı işlemde elde edilen silajların tespit edilen AA içeriklerinin ise birbirine çok yakın olduğu ve değişim aralığının diğer işlemlere kıyasla oldukça düşük olduğu görülebilmektedir.

İşlemlerden elde edilen silajların LA/AA oranları, araştırmacılar tarafından minimum olarak önerilen 3 değerinin oldukça üstünde 6.9 – 21.4 aralığında hesaplanmıştır. Buna göre araştırmada ele alınan tüm işlemlere ait silajların uygun şekilde işleyen bir fermantasyon sürecine sahip olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4.48. Silajların asetik asit içeriğine ilişkin kutu grafiği analizi

Tyrolova ve diğerleri (2017) Çek Cumhuriyetinde yaptıkları çalışmada, silolamanın 90. gününde mısır silajlarının LA ve AA içeriklerinin sırasıyla % 5.76 ve % 2.42 olarak belirlendiğini, Juracek ve diğerleri (2012), Slovakya’da iki yıl süre ile 49 işletmeden topladıkları mısır silajı örneklerinin LA içeriklerinin 2009 yılında % 3.7 - 8.2 arasında, 2010 yılında ise % 2.3 - 11.4 arasında değiştiğini, ortalama AA içeriğinin ise 2009 yılında analiz edilen silajlarda % 2.4, 2010 yılında analiz eden silajlarda ise % 2.9 olarak tespit edildiğini, Öztürk ve Çarpıcı (2019) Bursa ilinde bazı silajlık mısır çeşitlerinin silaj kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında, çeşitlerin LA ve AA içeriklerinin sırasıyla % 3.90 – 3.96 ve % 1.12 - 1.14 aralığında değiştiğini, Yozgatlı ve diğerleri (2019), Yozgat ilinde aynı amaç ile yaptıkları çalışmalarında çeşitlerin LA ve AA içeriklerinin sırasıyla % 1.504 - 2.571 ve % 0.308 - 0.691 aralığında değiştiğini, Tutar ve Kökten (2023), farklı SSM çeşitlerinin silaj kalitesini belirlemek için Bingöl ilinde yaptıkları çalışmada LA ve AA içeriklerinin sırasıyla % 0.44-1.61 ve % 0.13-0.49 aralığında değiştiğini, Arslan ve diğerleri (2017) Antalya ilinde sorgumun yalın ve bazı bitkilerle karışık silajlarının kalitesini değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında, LA ve AA değerini sırasıyla yalın sorgum için % 2.27 ve % 1.42 oranında tespit edildiğini, sorgum ile soya fasulyesinin farklı oranlarda karışımında oluşan silajlarda ise % 1.58 - % 2.56 ve % 0.72 - % 1.18 aralığında değiştiğini bildirmiştir.

Çeşitli lokasyonlarda yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen silajları analiz eden araştırmacıların farklı LA ve AA sonuçlarına ulaşması olağandır. Yine de elde edilen sonuçlar

hem LA ve hem de AA içeriği bakımından belirli bir aralığı işaret etmekte olup çalışmada elde edilen sonuçların da bu aralıklar içerisinde yer aldığı değerlendirilmiştir.

4.3.10. Nispi yem değeri

Araştırmada ele alınan 13 işleme ait silajların ADF ve NDF değerleri kullanılarak, metot kısmında açıklandığı şekilde nispi yem değerleri hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo 4.33' de verilmiştir. Elde edilen veriler varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve analiz sonucunda 2023 yılı değerlerinde istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli farklılık bulunduğu, 2024 yılı değerlerinde anlamlı farklılık bulunmadığı, iki yılda elde edilen değerler birlikte ele alındığında ise işlemlerden elde edilen değerler arasında $p<0.01$ düzeyinde farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi silajlarda nispi yem değeri bakımından çalışma yılları arasındaki farklılığın da anlamlı olduğunu göstermiştir ($p<0.01$).

Tablo 4.33. Silajlarda belirlenen ortalama nispi yem değerleri

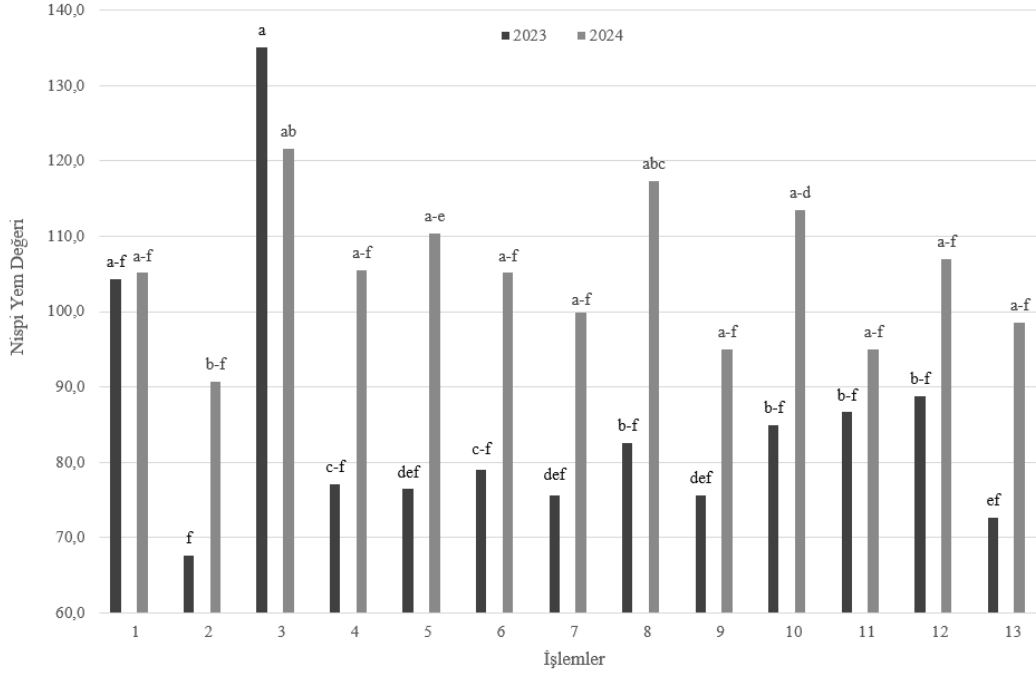
Sıra no	İşlemler	2023 **		2024	Ortalama **
1	SM	104.33	ab	105.15	104.74 ab
2	SSM	67.63	b	90.74	79.18 b
3	SF	135.10	a	121.63	128.37 a
4	AY	77.06	b	105.50	91.28 b
5	% 75 SM + % 25 SSM	76.41	b	110.43	93.42 b
6	% 50 SM + % 50 SSM	78.94	b	105.26	92.10 b
7	% 25 SM + % 75 SSM	75.56	b	99.86	87.71 b
8	% 50 SM + % 50 SF	82.59	b	117.36	99.98 ab
9	% 50 SSM + % 50 SF	75.58	b	95.01	85.30 b
10	% 50 SM + % 50 SF ÜG-	84.99	b	113.54	99.27 ab
11	% 50 SSM + % 50 SF ÜG-	86.64	b	95.03	90.84 b
12	% 50 SM + % 50 AY	88.84	b	106.96	97.90 ab
13	% 50 SSM + % 50 AY	72.61	b	98.57	85.59 b
Ortalama**		85.10	B	105.00	A

** $p<0.01$ düzeyinde anlamlıdır. Aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

2023 yılında silajlarda NYD 67.63 – 135.10 arasında değişmiş, en yüksek NYD 3 numaralı işlemde belirlenmiş, 1 numaralı işlem de bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük NYD ise 2 numaralı işlemde tespit edilmiş, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. 2024 yılında elde edilen silajlarda NYD ise 90.74 – 121.63 aralığında değişmiştir.

İki çalışma yılı değerleri birlikte analiz edildiğinde nispi yem değerleri 79.18 – 128.37 arasında değişmiş, en yüksek NYD 3 numaralı işlemde hesaplanmış, 1, 8, 9, 10 ve 12 numaralı

işlemler istatistiksel olarak bu işlemle aynı grupta yer almıştır. En düşük NYD 2 numaralı işlemde bulunmuş, 5, 6, 7, 9, 11 ve 13 numaralı işlemler istatistiksel olarak bu işlemle aynı grupta olduğu belirlenmiştir.

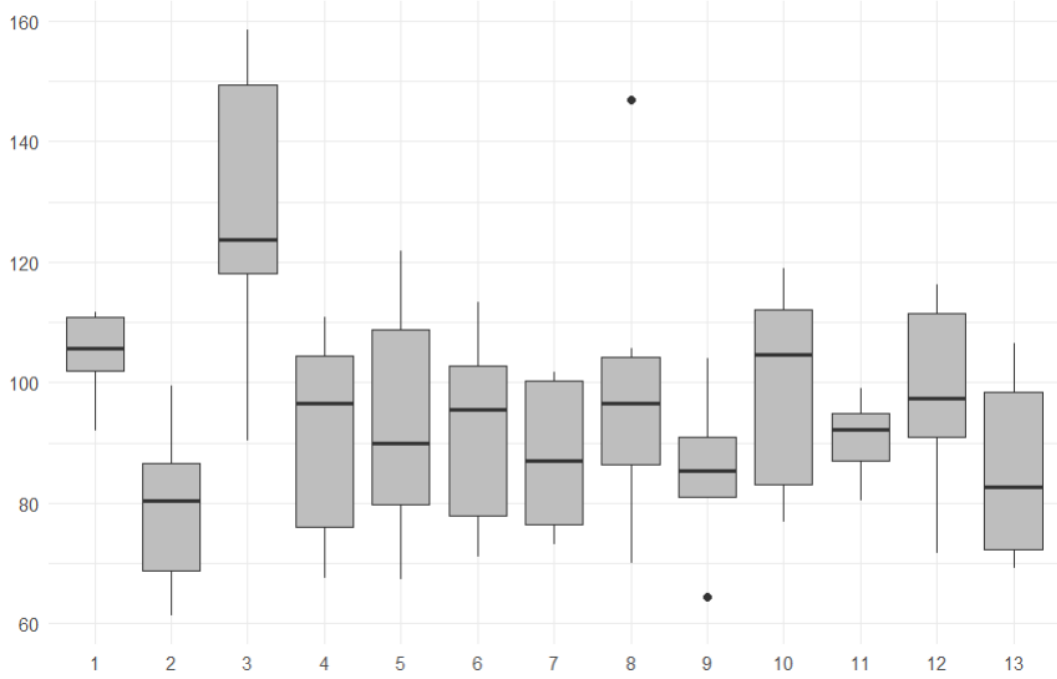


Şekil 4.49. Silaj nispi yem değerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği

Nispi yem değerleri (NYD) yem kalite sınıfları bakımında da değerlendirilmiş, 2, 9, ve 13 numaralı işlemlerden elde edilen silajın 4. sınıf, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 ve 12 numaralı işlemlerden elde edilen silajın 3. sınıf, 1 numaralı işlemde (yalın SM) elde edilen silajın 2. Sınıf ve 3 numaralı (Yalın SF) işlemde elde edilen silajın 1. Sınıf içerisinde yer aldığı görülmüştür.

Silajların nispi yem değerine ait yıl x işlem interaksiyon grafiği Şekil 4.49'da verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yıl ve işlem arasındaki interaksiyonun çok önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). Grafikte de görüleceği üzere, en yüksek NYD 135.1 ile 2023 yılında yalın SF işleminde (2023-3) belirlenmiş, bu işlem 2023-1, 2024-1, 2024-3, 2024-4, 2024-5, 2024-6, 2024-7, 2024-8, 2024-9, 2024-10, 2024-11, 2024-12, 2024-13 işlemleri ile aynı grupta yer almıştır. En düşük NYD ise 2023 yılında yalın SSM işleminde (2023-2) tespit edilmiştir.

Şekil 4.50'de verilen kutu grafiği analizinde ise yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde elde edilen NYD verilerinde varyasyonun daha geniş olduğu, 8 ve 9 numaralı işlemlerde ise NYD bakımından aykırı değerler belirlendiği görülebilmektedir.



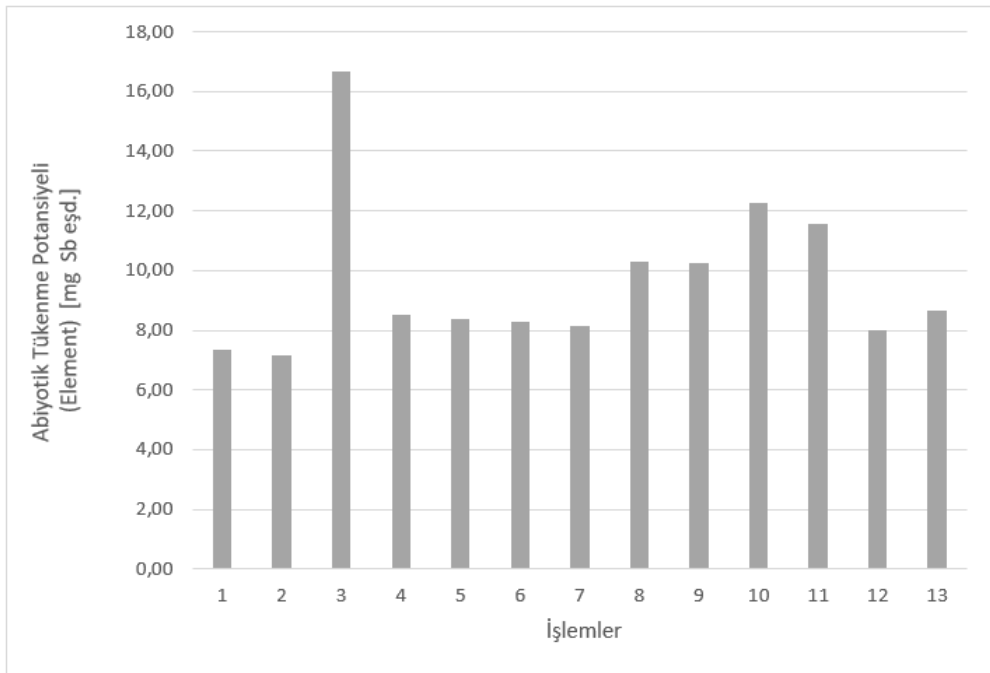
Şekil 4.50. Silajların nispi yem değerine ilişkin kutu grafiği analizi.

Yılmaz ve diğerleri (2020) Samsun ili Çarşamba ilçesinde 10 farklı silajlık mısır ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, NYD 102.0 – 137.9 arasında, Alagöz ve Türk (2020) Isparta ilinde bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve kalitesini belirlemek için yürüttükleri çalışmalarında, çeşitlerden elde edilen NYD değerlerinin 87.75 104,50 aralığında, Çelik ve Türk (2021) Uşak ilinde bazı sorgum ve sorgum-sudanotu melezi bitkilerinin verim ve kalitesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, çeşitlerin NYD 87.14 -100.56 aralığında, Tutar ve Kökten (2023) farklı SSM çeşitlerinin silaj kalitesini belirlemek için Bingöl ilinde yaptıkları çalışmada elde edilen silajların NYD'nin 117.26 – 171.53 aralığında değiştiğini, Kitapçı ve diğerleri (2024) Van ilinde farklı ekim zamanları ve iki soya fasulyesi çeşidi ile yaptıkları çalışmada NYD'nin 124.0 – 135.3 aralığında değiştiğini, Li ve diğerleri (2022) Tibet platosunda mısır ve soya bitkilerinin birlikte ekiminin verim ve silaj kalitesine etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, karışımların nispi yem değerlerinin 103.3 – 124.0 aralığında değiştiğini, Sadafzadeh ve diğerleri (2023), İran'da biyogübre uygulamalarının sorgum-soya birlikte ekim sisteminde yem verim ve kalitesine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, NYD'nin 89.17-142.98 aralığında değiştiğini bildirmiştir. Araştırmacıların yukarıda bir kısmı da özetlenen NYD bulguları ile çalışma kapsamında bulduğumuz değerlerin aynı aralıkta yer aldığı değerlendirilmiştir.

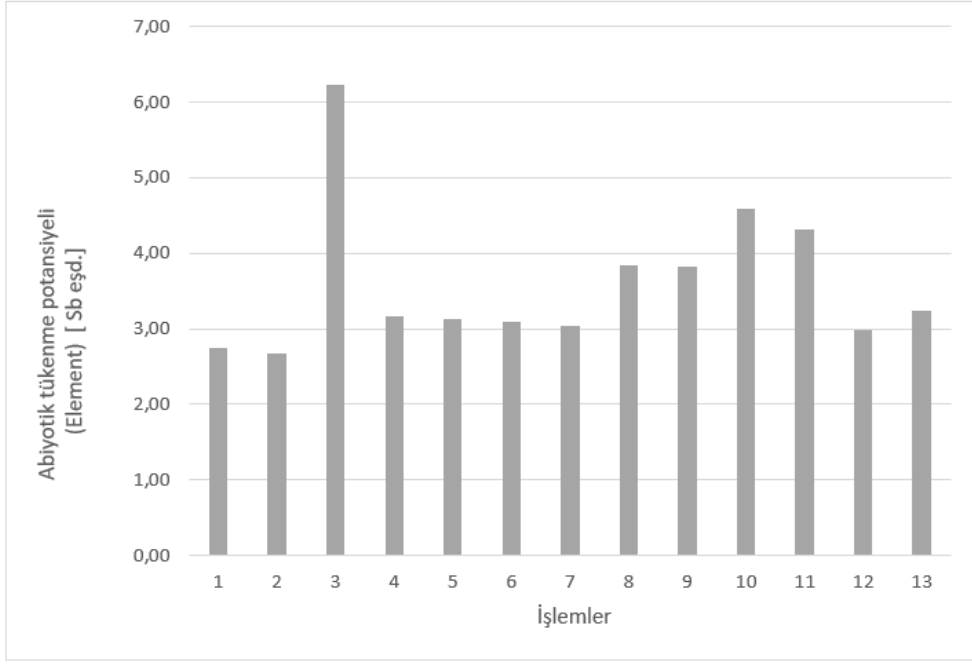
4.4. Yaşam döngüsü değerlendirmesi

4.4.1. Abiyotik tükenme potansiyeli (Element mg Sb eşd.)

ATP_E yapılan üretimin doğal kaynakların tükenmesine etkisini ifade etmektedir. Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu ATP_E riski ayrı ayrı belirlenmiş ve karşılaştırılmış, her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.51 ve Şekil 4.52’de verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük ATP_E riski yalnız SSM ekimi yapılan 2 numaralı işlemde sırasıyla 7.14 ve 2.67 mg Sb eşd. olarak, en yüksek risk ise yalnız SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 16.67 ve 6.23 mg Sb eşd. olarak belirlenmiştir. Fathollahi ve diğerleri (2018), İran’da yaptıkları ve silajlık mısır ve yonca otu üretimini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 1 kilogram mısır silajı için ATP_E değerini 4,0 mg Sb eşd. olarak belirlemiştir. Bacenetti ve diğerleri (2018) ise 1 kg %14 neme sahip yonca otu için mineral ve fosil kaynak tükenmesini 15,8 mg Sb eşd. belirlendiğini bildirmiştir.

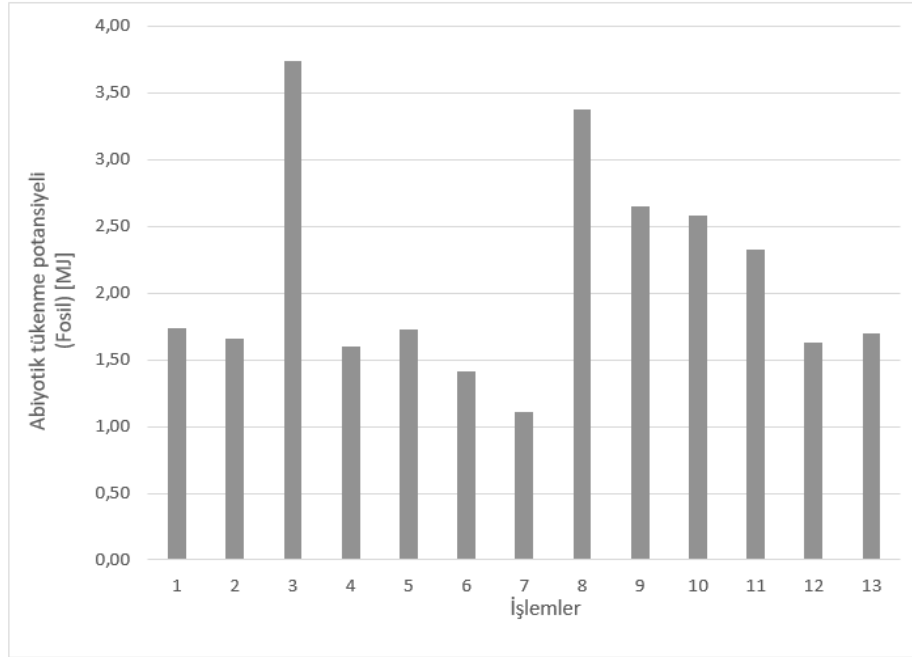


Şekil 4.51. İşlemlerin 1 kg kuru ot için abiyotik tükenme potansiyeli (ATP_E).



Şekil 4.52. İşlemlerin 1 kg silaj için abiyotik tükenme potansiyeli (ATP_E).

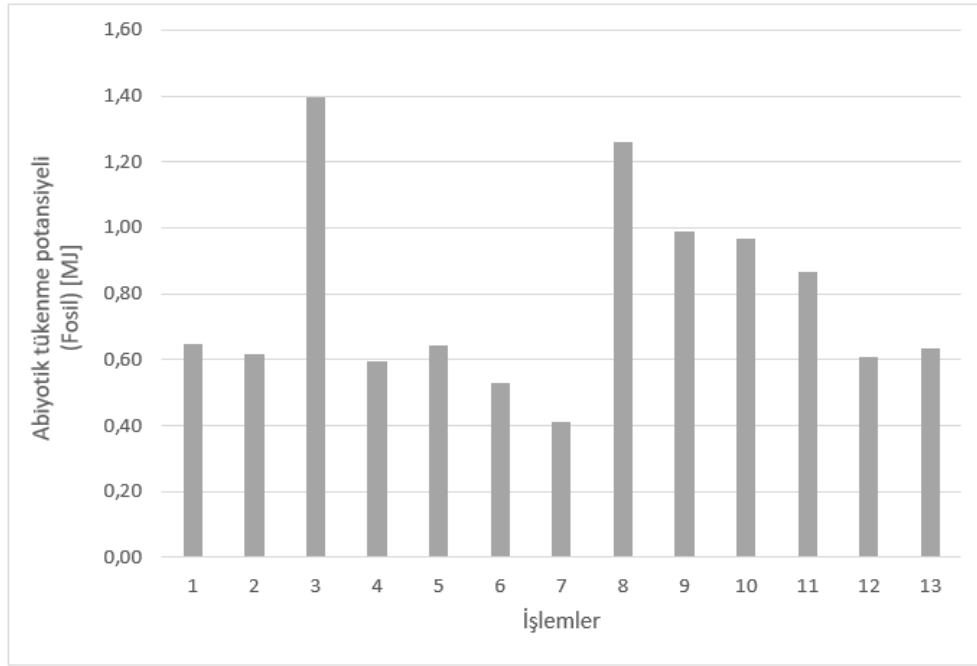
4.4.2. Abiyotik tükenme potansiyeli (Fosil - Mj)



Şekil 4.53. İşlemlerin 1 kg kuru ot için abiyotik tükenme potansiyeli (ATP_F).

ATP_F yapılan üretimin fosil yakıtların tükenmesine yaptığı etkiyi ifade etmektedir. Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu ATP_F riskleri belirlenmiş ve her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.53 ve Şekil 4.54'te verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük ATP_F , 7 numaralı işlemde (% 25 SM + % 75 SSM) sırasıyla 1.10 ve 0.41 Mj olarak, en yüksek ATP_F ise yalnız SF ekimi yapılan 3

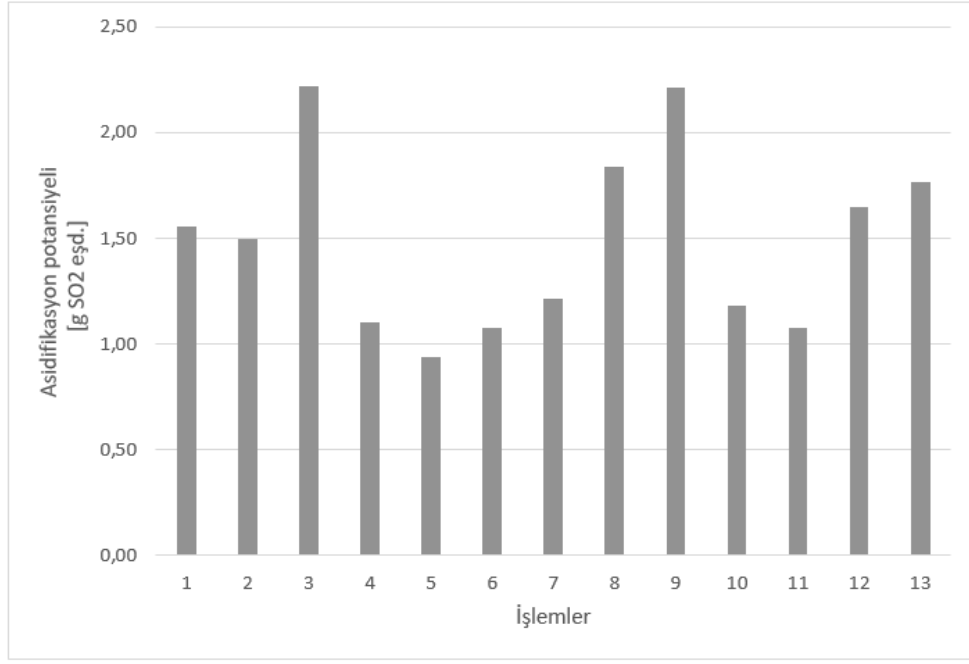
numaralı işlemde sırasıyla 3.74 ve 1.39 Mj olarak belirlenmiştir.



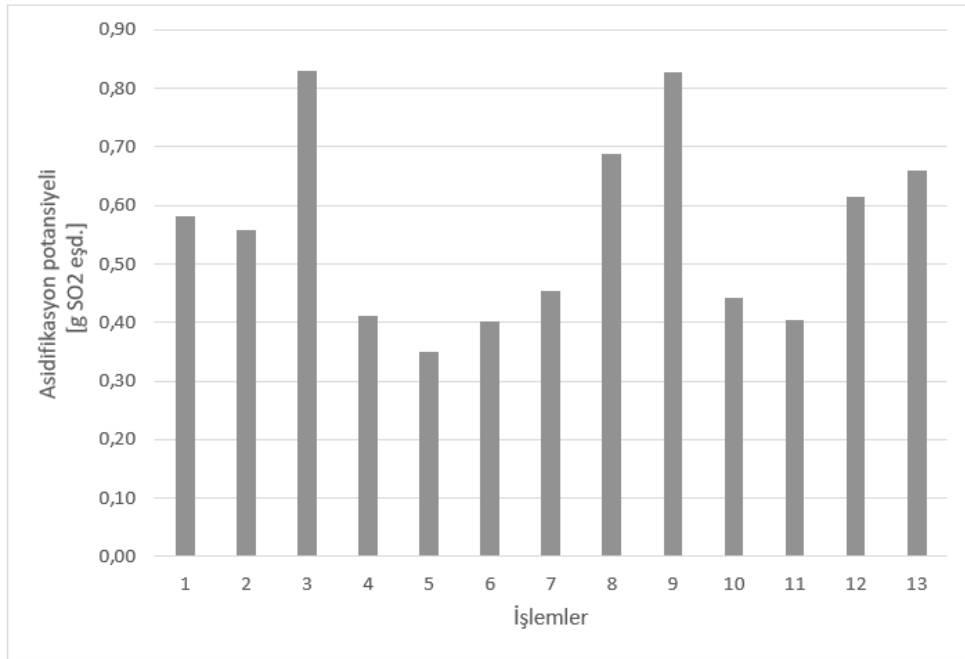
Şekil 4.54. İşlemlerin 1 kg silaj için abiyotik tüketme potansiyeli (ATP_F).

4.4.3. Asidifikasyon potansiyeli (g SO₂ eşd.)

Sülfür (SO₂) ve nitrojen oksit (N₂O) gibi gazlar atmosferdeki su ile reaksiyona girerek asit yağmurları oluşturmaktadır. AP, oluşan bu asit yağmurları neticesinde toprağın ve suyun asitleşme potansiyelini ifade etmekte ve SO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmaktadır. Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu AP belirlenmiş ve her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'da verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük AP, 5 numaralı işlemde (% 75 SM + % 25 SSM) sırasıyla 0.94 ve 0.35 g SO₂ eşd. olarak, en yüksek risk ise yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 2.22 ve 0.83 g SO₂ eşd. olarak belirlenmiştir. Fathollahi ve diğerleri (2018), İran'da yaptıkları ve silajlık mısır ve yonca otu üretimini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 1 kilogram mısır silajı için AP değerini 4,68 g SO₂ eşd., Eren (2011), enerji bitkisi olarak ele aldığı tatlı sorgum bitkisinin 1 kg biyokütlesi için AP değerini 0,56 g SO₂ eşd. ve Dekamin ve diğerleri (2025), Pakistan'ın Isfahan şehrinde üretimi yapılan temel ürünlerin çevresel etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında 1 kg yonca yeşil otu için AP değerini 11,36 g SO₂ eşd. olarak bildirmişlerdir.



Şekil 4.55. İşlemlerin 1 kg kuru ot için asidifikasyon potansiyeli.



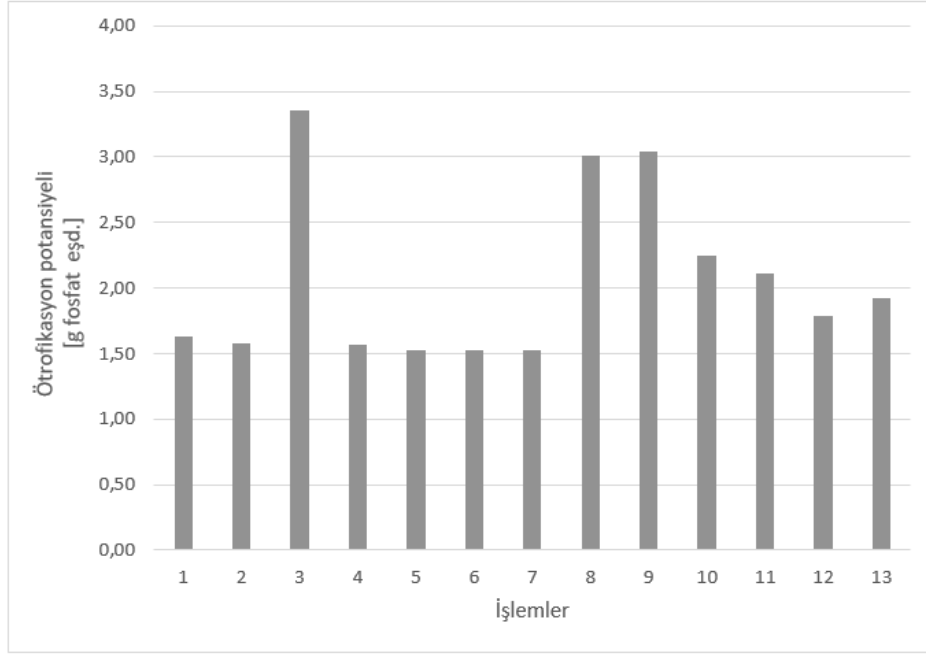
Şekil 4.56. İşlemlerin 1 kg silaj için asidifikasyon potansiyeli.

4.4.4. Ötrofikasyon potansiyeli (g PO₄ eşd.)

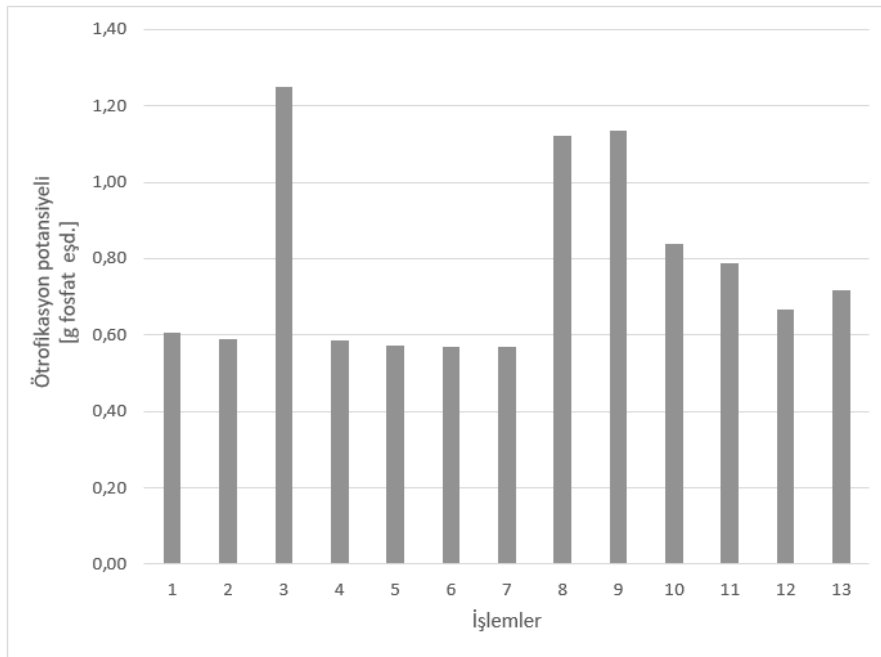
Ötrofikasyon su kaynaklarında azot ve fosfor konsantrasyonunun artması sonucu, bitkisel biyokütle artışı ve oksijen azalması olarak tarif edilmekte olup ÖP su kaynaklarında suda yaşayan organizmalar için risk oluşturabilecek oksijen azalması potansiyelini ölçen etki kategorisidir.

Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu ÖP değerleri belirlenmiş ve her iki

fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.57 ve Şekil 4.58’de verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük ÖP, 7 numaralı işlemde (% 25 SM + % 75 SSM) sırasıyla 1.52 ve 0.57 g PO₄ eşd. olarak, en yüksek ÖP ise yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 3.35 ve 1.25 g PO₄ eşd. olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.57. İşlemlerin 1 kg kuru ot için ötrofikasyon potansiyeli.

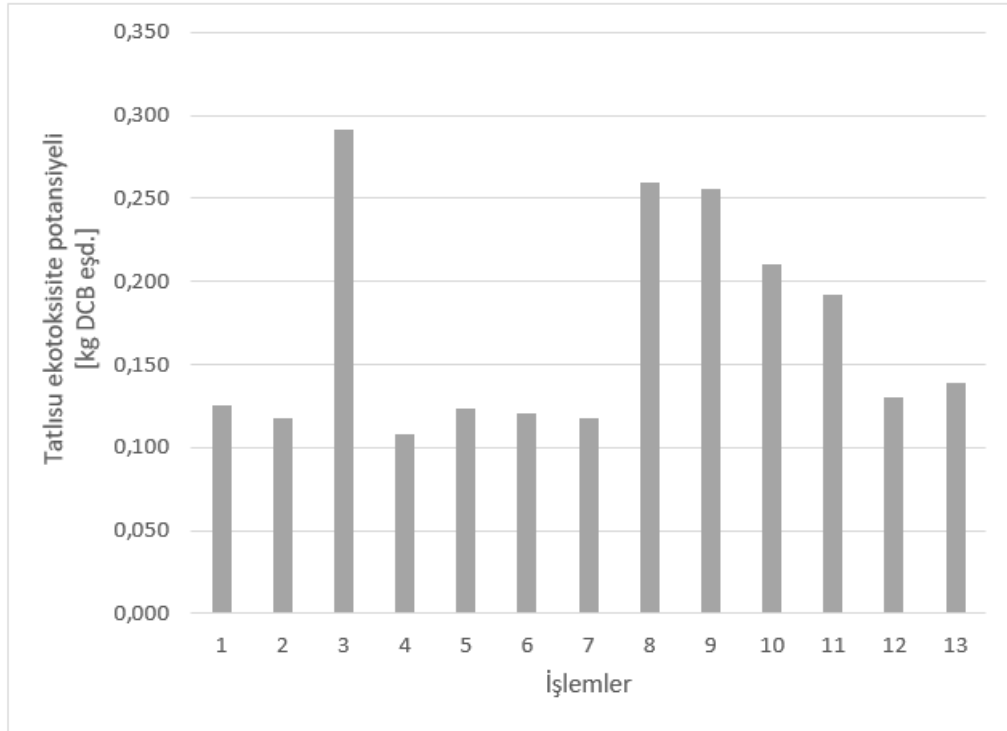


Şekil 4.58. İşlemlerin 1 kg silaj için ötrofikasyon potansiyeli.

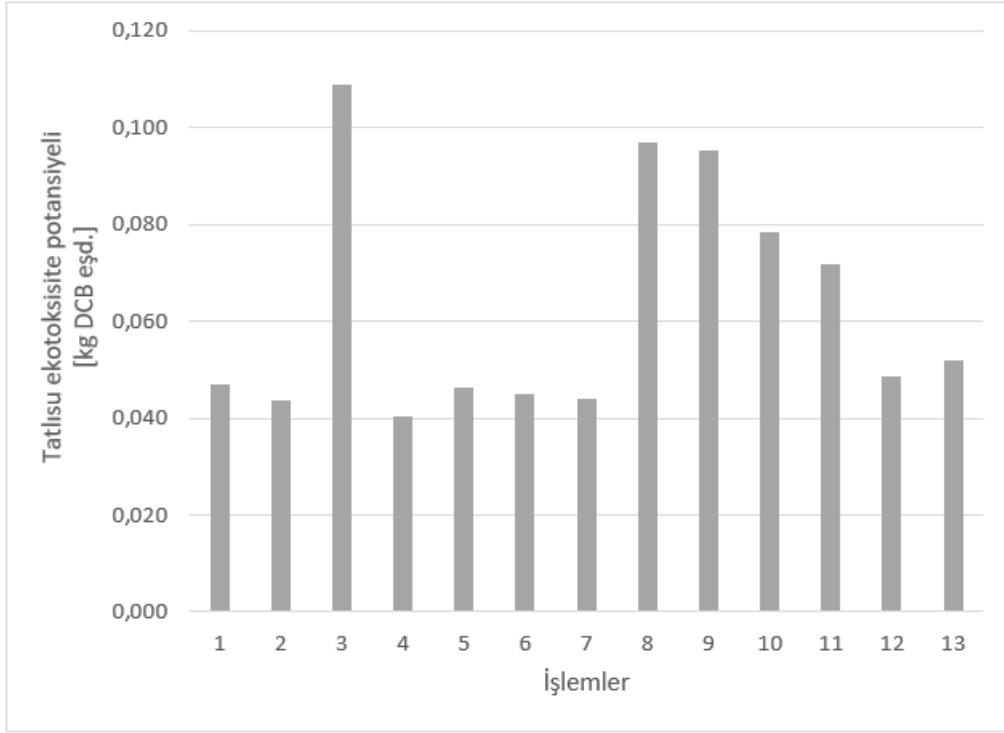
Fathollahi ve diğeri (2018) İran'da yaptıkları, silajlık mısır ve yonca otu üretimini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 1 kilogram mısır silajı için ÖP değerini 3,24 g PO₄ eşd., Eren (2011), enerji bitkisi olarak ele aldığı tatlı sorgum bitkisinin 1 kg biyokütlesi için ÖP değerini 0,45 g PO₄ eşd. ve Dekamin ve diğeri (2025), Pakistanın Isfahan şehrinde üretimi yapılan temel ürünlerin çevresel etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında 1 kg yonca yeşil otu için ÖP değerini 1,86 g PO₄ eşd. olarak bildirmişlerdir.

4.4.5. Tatlısu ekotoksosite potansiyeli (kg DCB eşd.)

TSEP üretim sürecinin tatlı su kaynaklarında yaşayan canlılara zarar verme potansiyelini ölçen etki kategorisidir. Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu TESP değerleri belirlenmiş ve her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'da verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük ÖP, yalnız AY ekimi yapılan 4 numaralı işlemde sırasıyla 0.108 ve 0.040 kg DCB eşd. olarak, en yüksek ÖP ise yalnız SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 0.291 ve 0.109 kg DCB eşd. olarak belirlenmiştir. Noya ve diğeri (2018) kuzey İtalya'da yem için kullanılan ürünlerin yetiştirme aşamasının çevresel etkilerini belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında kuru maddede ortalama % 9 proteine sahip sorgum kuru otu üretiminde 1 kg ham protein için TSEP değerini 0,09 kg DB eşd. olarak bildirmiştir.



Şekil 4.59. İşlemlerin 1 kg kuru ot için tatlısu ekotoksosite potansiyeli.

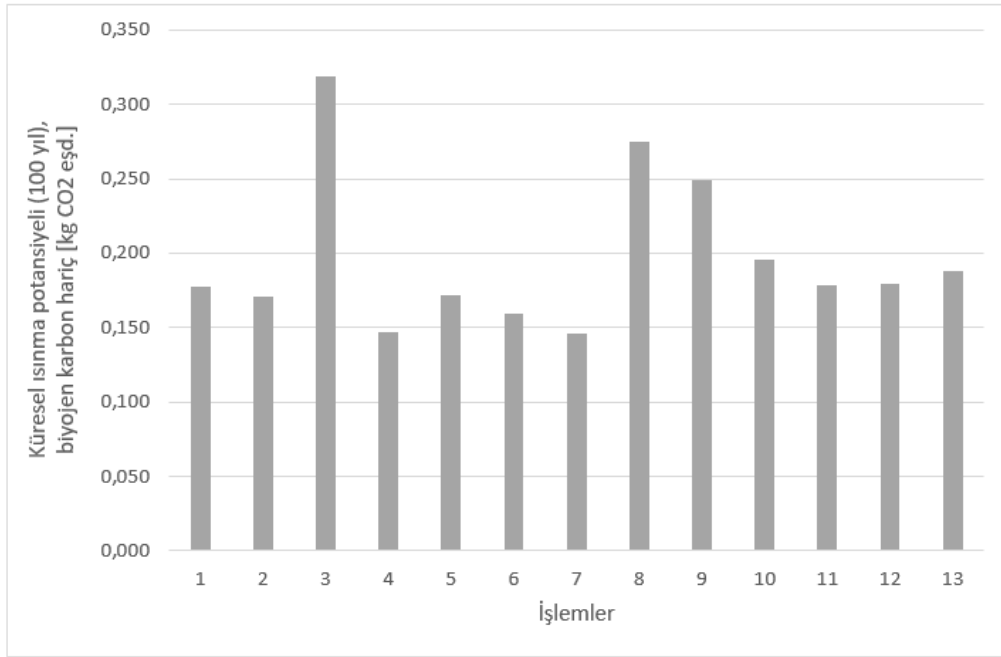


Şekil 4.60. İşlemlerin 1 kg silaj için tatlısu ekotoksosite potansiyeli.

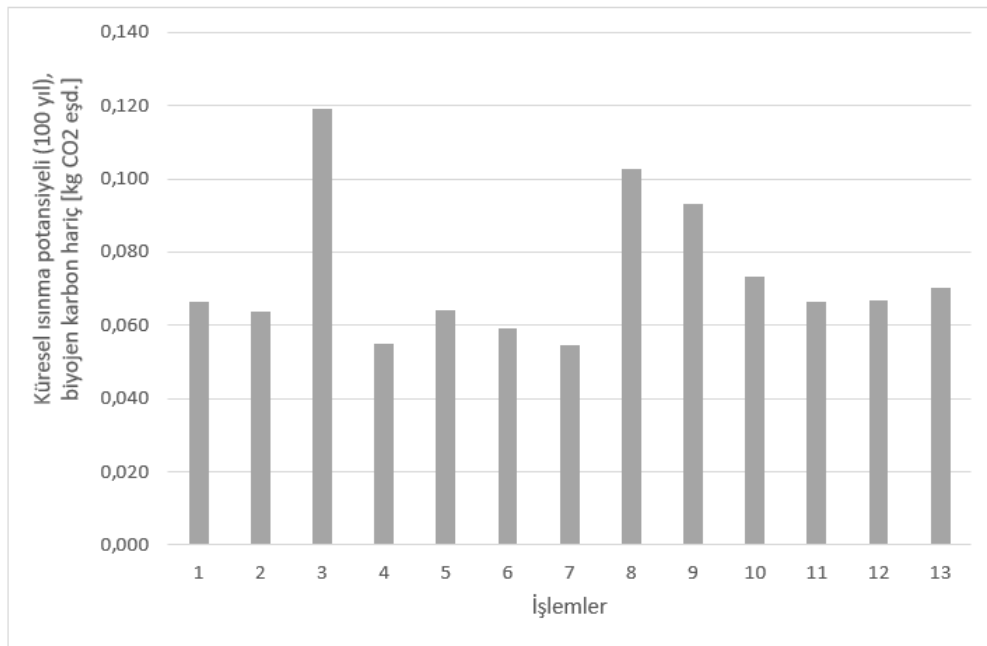
4.4.6. Küresel ısınma potansiyeli (kg CO₂ eşd.)

KIP üretim sürecinde oluşan sera gazı emisyonları ile ilişkili ısı tutma potansiyelini ve bunun 100 yıllık süre içerisinde küresel ısınmaya etkisini belirlemeye yönelik etki analizidir. Çalışmada biyojen karbon hariç KIP değeri esas alınmış, elde edilen sonuçlar her iki fonksiyonel birim için Şekil 4.61 ve Şekil 4.62’de verilmiştir. Buna göre, hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük KIP, 7 numaralı işlemde (% 25 SM + % 75 SSM) sırasıyla 0.146 ve 0.055 kg CO₂ eşd. olarak, en yüksek KIP ise yalnız SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 0.319 ve 0.119 kg CO₂ eşd. olarak belirlenmiştir.

Fathollahi ve diğerleri (2018), İran’da yaptıkları ve silajlık mısır ve yonca otu üretimini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 1 kilogram mısır silajı için KIP değerini 0.383 kg CO₂ eşd., Eren (2011), enerji bitkisi olarak ele aldığı tatlı sorgum bitkisinin 1 kg biyokütlesi için KIP değerini 0,114 kg CO₂ eşd. ve Dekamin ve diğerleri (2025), Pakistan’ın Isfahan şehrinde üretimi yapılan temel ürünlerin çevresel etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında 1 kg yonca yeşil otu için KIP değerini 1,38 kg CO₂ eşd. olarak bildirmişlerdir. Noya ve diğerleri (2018) kuzey İtalya’da yem için kullanılan ürünlerin yetiştirme aşamasının çevresel etkilerini belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında kuru maddede ortalama % 9 proteine sahip sorgum kuru otu üretiminde 1 kg ham protein için iklim değişikliği etkisi değerini 4,45 kg CO₂ eşd. olarak bildirmiştir.



Şekil 4.61. İşlemlerin 1 kg kuru ot için küresel ısınma potansiyeli.

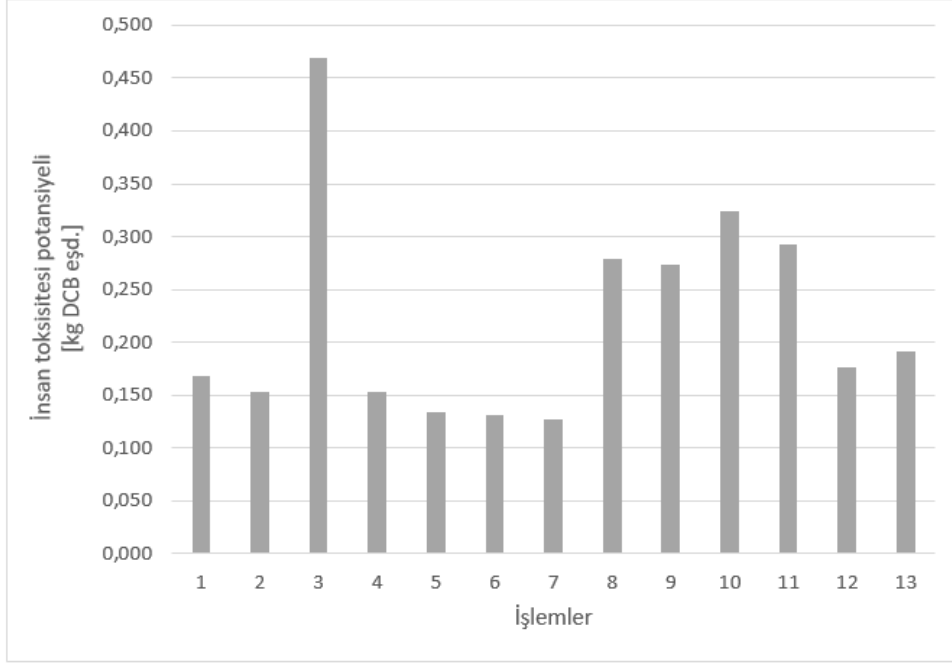


Şekil 4.62. İşlemlerin 1 kg silaj için küresel ısınma potansiyeli.

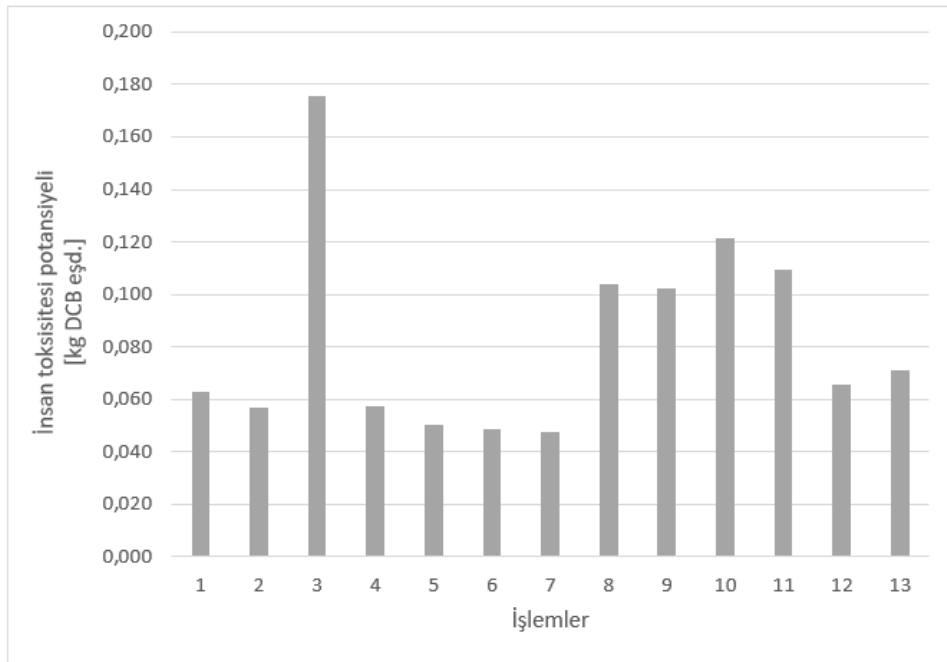
4.4.7. İnsan toksisitesi potansiyeli (kg DCB eşd.)

İTP üretim sürecinde oluşan emisyonların insan sağlığına olumsuz etki etme potansiyelini belirlemeye yönelik etki kategorisidir. Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu İTP değerleri belirlenmiş ve her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.63 ve Şekil 4.64’de verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük İTP, 7 numaralı işlemde (% 25 SM + % 75 SSM) sırasıyla 0.127 ve

0.047 kg DCB eşd. olarak, en yüksek ÖP ise yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 0.469 ve 0.175 kg DCB eşd. olarak belirlenmiştir. Noya ve diğerleri (2018) kuzey İtalya’da yem için kullanılan ürünlerin yetiştirme aşamasının çevresel etkilerini belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında kuru maddede ortalama % 9 proteine sahip sorgum kuru otu üretiminde 1 kg ham protein için İTP değerini 0,22 kg DCB eşd. olarak bildirmiştir.



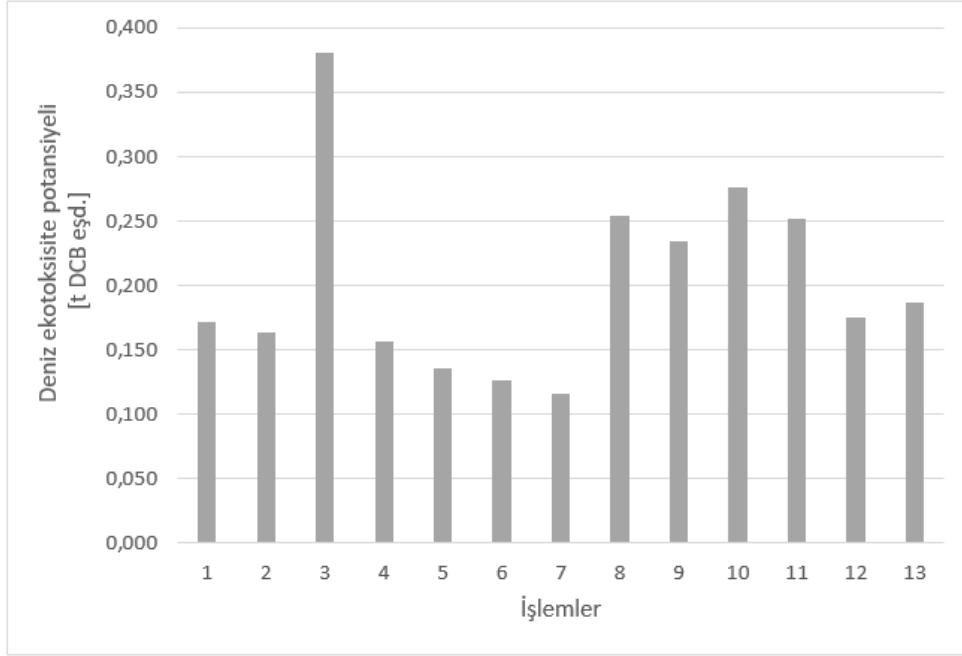
Şekil 4.63. İşlemlerin 1 kg kuru ot için insan toksisitesi potansiyeli.



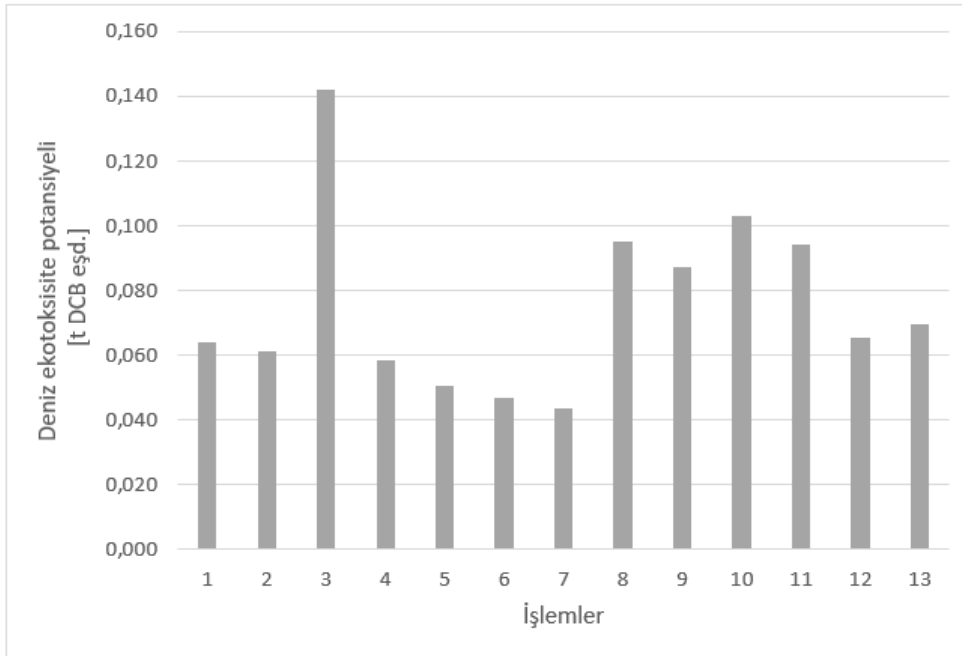
Şekil 4.64. İşlemlerin 1 kg silaj için insan toksisitesi potansiyeli.

4.4.8. Deniz ekotoksosite potansiyeli (t DCB eşd.)

DEP üretim sürecinde oluşan emisyonların deniz ve okyanuslarda yaşayan canlılara zarar verme potansiyelini belirlemeye yönelik etki kategorisidir.



Şekil 4.65. İşlemlerin 1 kg kuru ot için deniz ekotoksosite potansiyeli.



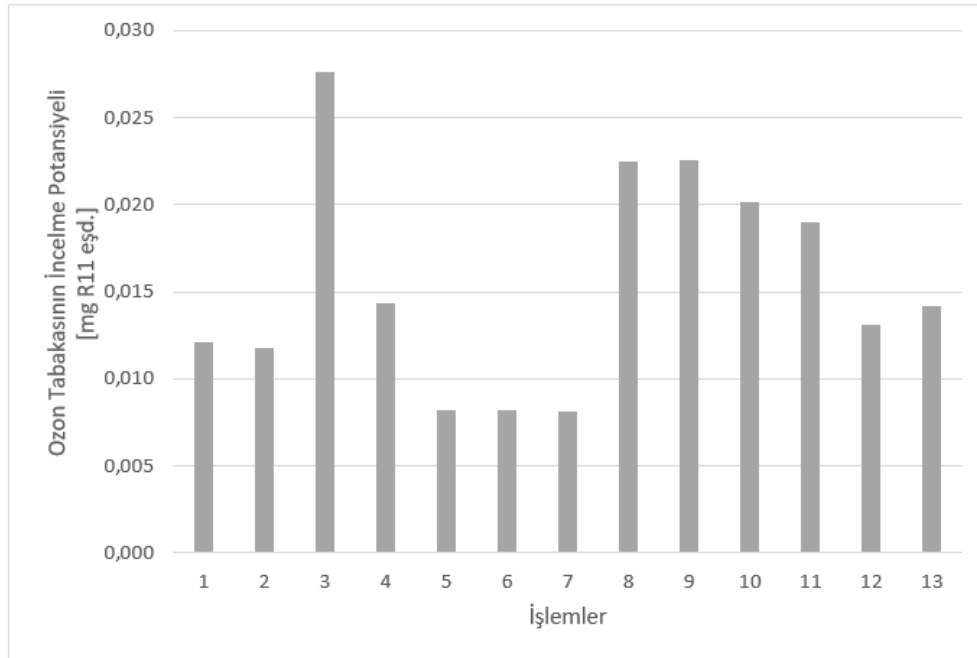
Şekil 4.66. İşlemlerin 1 kg silaj için deniz ekotoksosite potansiyeli.

Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu DEP değerleri belirlenmiş ve her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.65 ve Şekil 4.66'da

verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük DEP, 7 numaralı işlemde (% 25 SM + % 75 SSM) sırasıyla 0.116 ve 0.043 t DCB eşd. olarak, en yüksek ÖP ise yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 0.380 ve 0.142 t DCB eşd. olarak belirlenmiştir. Fathollahi ve diğerleri (2018), İranda yaptıkları ve silajlık mısır ve yonca otu üretimini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 1 kilogram mısır silajı için DEP değerini 0,915 t DCB eşd. olarak bildirmiştir.

4.4.9. Ozon tabakasının incelme potansiyeli (mg CFC11 eşd.)

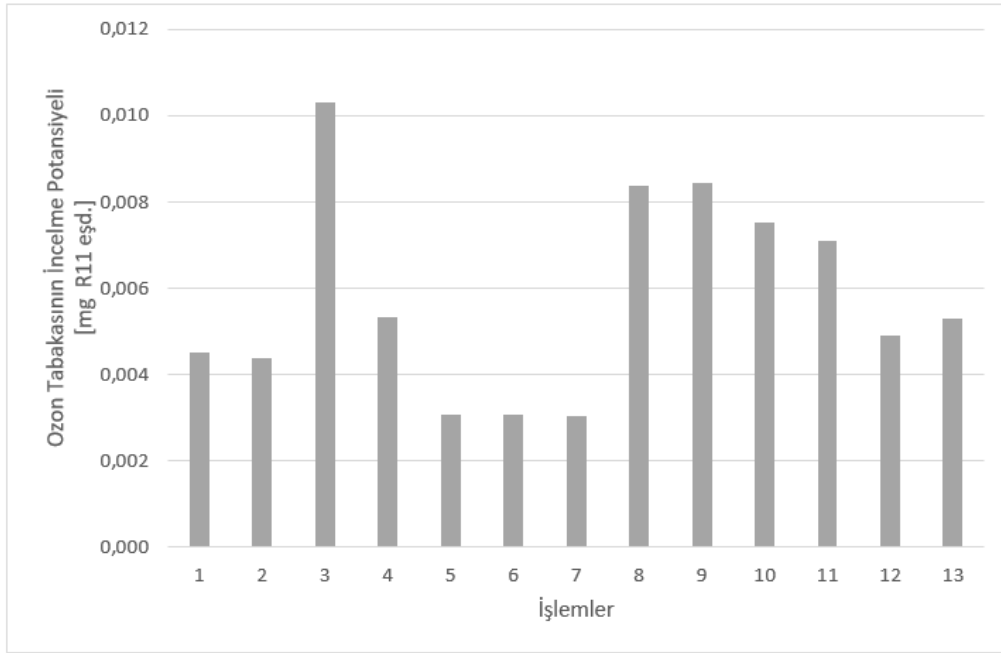
OTİP, üretim sürecinde salınan kloroflorakarbon gibi bazı kimyasalların ozon tabakasının incelenmesine neden olma riskini ölçen etki kategorisidir.



Şekil 4.67. İşlemlerin 1 kg kuru ot için ozon tabakasının incelme potansiyeli.

Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu OTİP değerleri belirlenmiş ve her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.67 ve Şekil 4.68’de verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük OTİP, 7 numaralı işlemde (% 25 SM + % 75 SSM) sırasıyla 0.008 ve 0.003 mg R11 eşd. olarak, en yüksek OTİP ise yalın SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 0.028 ve 0.010 mg R11 eşd. olarak belirlenmiştir. Eren (2011), enerji bitkisi olarak ele aldığı tatlı sorgum bitkisinin 1 kg biyokütlesi için OTİP değerini 0,006 mg CFC11 eşd., Noya ve diğerleri (2018) kuzey İtalya’da yem için kullanılan ürünlerin yetiştirme aşamasının çevresel etkilerini belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında kuru maddede ortalama % 9 proteine sahip sorgum kuru otu

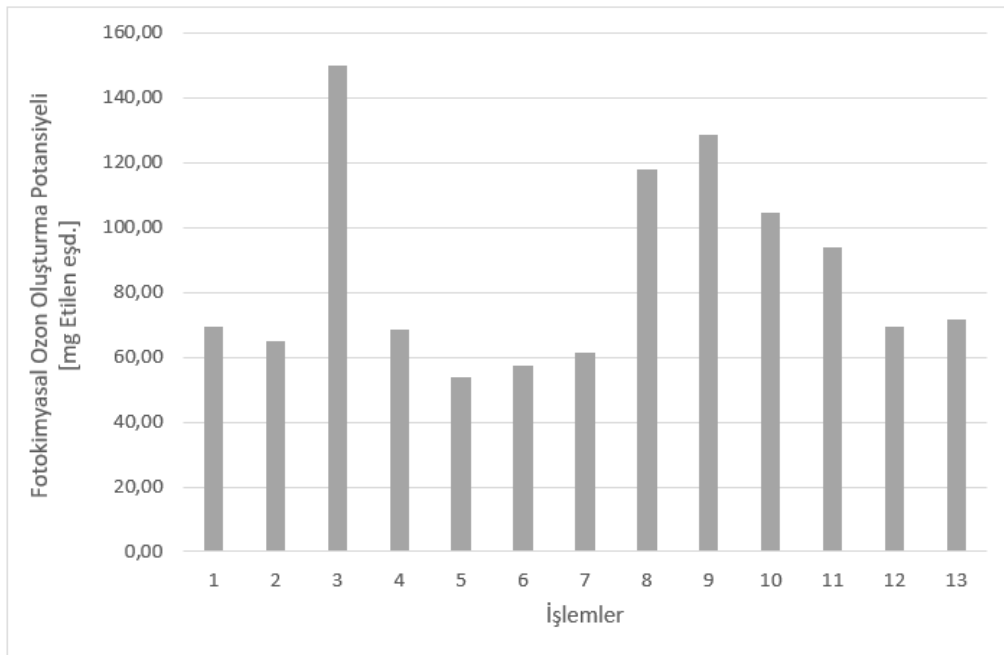
üretiminde 1 kg ham protein için OTIP değerini 0,102 mg CFC11 eşd. olarak bildirmiştir.



Şekil 4.68. İşlemlerin 1 kg silaj için ozon tabakasının incelme potansiyeli.

4.4.10. Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli (mg Etilen eşd.)

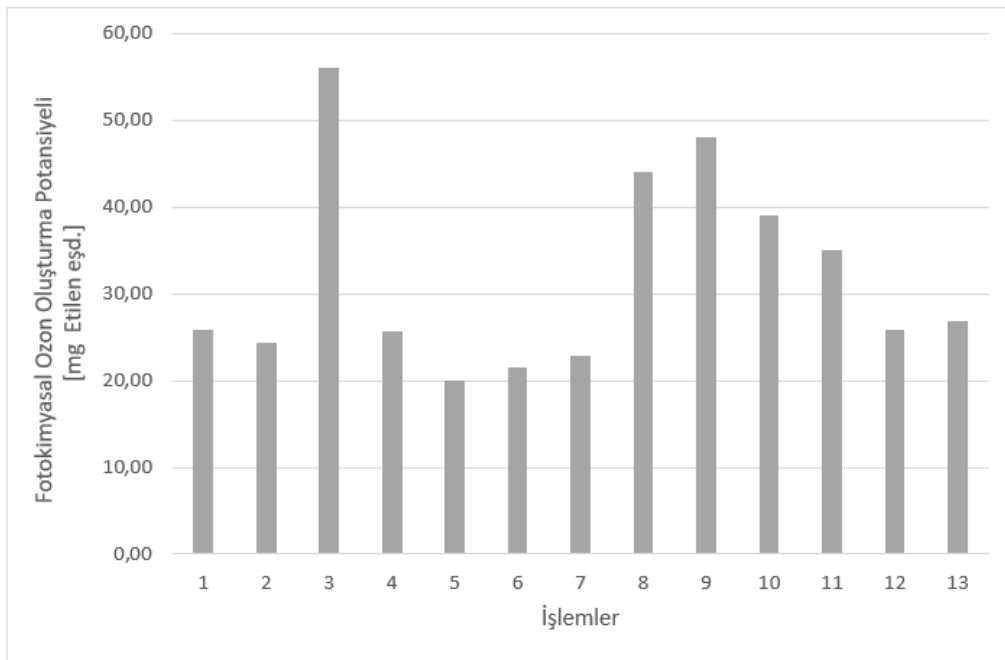
FOOP, üretim sürecinde gerçekleştirilen işlemlerin ve kullanılan hammaddelerin yer seviyesinde ozon oluşturma potansiyelini ölçen etki kategorisidir.



Şekil 4.69. İşlemlerin 1 kg kuru ot için fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli.

Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu FOOP değerleri belirlenmiş ve her iki

fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.69 ve Şekil 4.70’de verilmiştir. Buna göre hem 1 kg kuru ot ve hem de 1 kg silaj için en düşük FOOP, 5 numaralı işlemde (% 50 SM + % 50 SSM) sırasıyla 53.83 ve 20.10 mg Etilen eşd. olarak, en yüksek FOOP ise yalnız SF ekimi yapılan 3 numaralı işlemde sırasıyla 149.90 ve 55.98 mg Etilen eşd. olarak belirlenmiştir. Eren (2011), enerji bitkisi olarak ele aldığı tatlı sorgum bitkisinin 1 kg biyokütlesi için FOOP değerini 5,03 mg Etilen eşd. ve Dekamin ve diğerleri (2025), Pakistan’ın Isfahan şehrinde üretimi yapılan temel ürünlerin çevresel etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmalarında 1 kg yonca yeşil otu için FOOP değerini 392 mg Etilen eşd. olarak bildirmişlerdir.



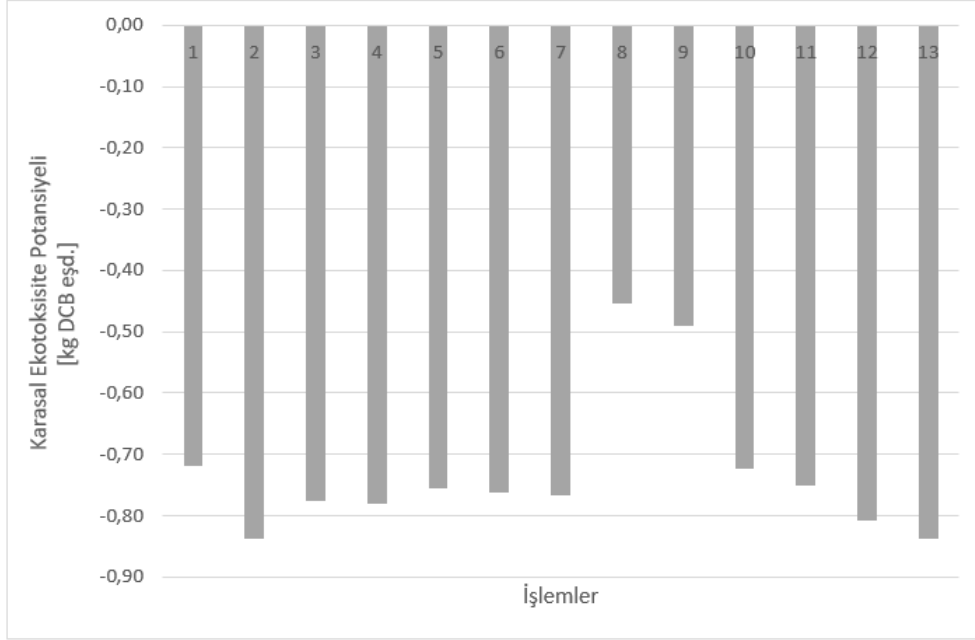
Şekil 4.70. İşlemlerin 1 kg silaj için fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli.

4.4.11. Karasal ekotoksosite potansiyeli (kg DCB eşd.)

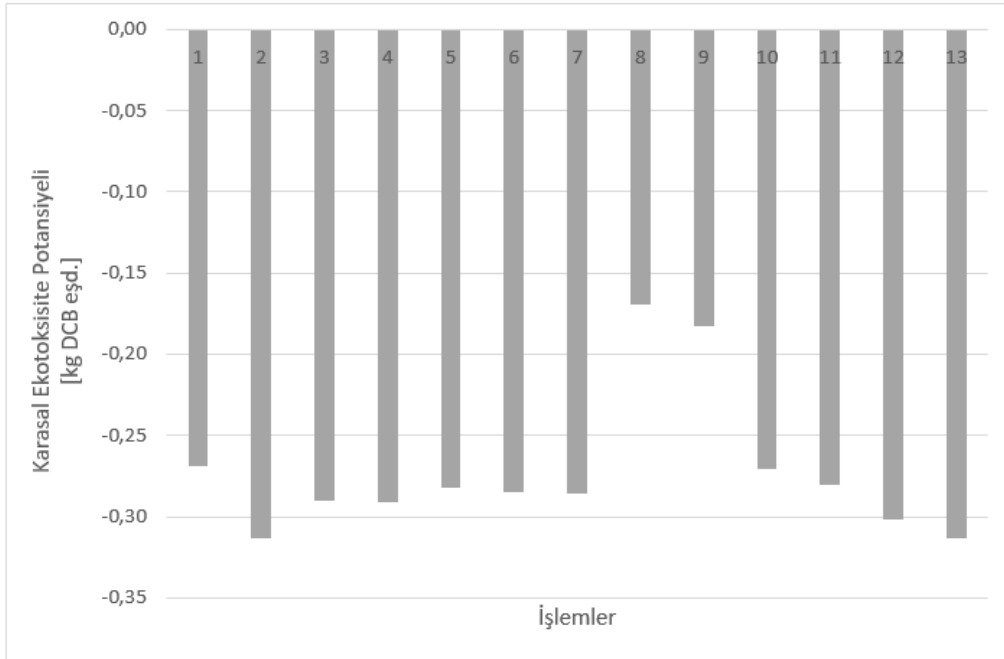
KEP üretim sürecinde oluşan emisyonların karada yaşayan canlılara zarar verme potansiyelini inceleyen etki analizidir. Çalışmada ele alınan işlemlerin oluşturduğu KEP değerleri belirlenmiş ve her iki fonksiyonel birim için elde edilen sonuçları gösterir grafikler Şekil 4.71 ve Şekil 4.72’de verilmiştir.

Elde edilen verilere göre tüm işlemlerin karasal ekotoksositeye negatif etki oluşturduğu görülmüş, bu durumun bitkilerin toprağa oluşturduğu ağır metal emisyonundan daha fazla ağır metali topraktan uzaklaştırması ve tüm biyokütle hasadı sayesinde söz konusu toksik maddelerin toprağa geri dönmemesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. 1 kg kuru ot ve 1 kg silaj fonksiyonel birimlerinde KEP için en yüksek olumlu etki, yalnız SSM ekimi yapılan 2

numaralı işlemde sırasıyla -0.84 ve -0.31 kg DCB eşd. olarak tespit edilmiş, en düşük olumlu etki ise 8 numaralı işlemde (% 50 SM + % 50 SF) sırasıyla -0.45 ve -0.17 kg DCB eşd. olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.71. İşlemlerin 1 kg kuru ot için karasal ekotoksisite potansiyeli.



Şekil 4.72. İşlemlerin 1 kg silaj için karasal ekotoksisite potansiyeli.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mısır birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de hayvansal üretim için çok önemli bir yem bitkisidir. Türkiye’de mısırın hasıl ve silaj amaçlı olmak üzere 5046195 ha alanda ekimi yapılmakta olup 27258312 ton kaba yem elde edilmektedir. TÜİK verilerine göre yem bitkilerinden elde edilen kaba yemin % 41’lik kısmı mısır üretimi ile karşılanmaktadır (TÜİK, 2024). Üstelik mısır tarımı ile elde edilen ürünün enerji değeri yüksek, lezzetli, kolay sindirilebilir ve hayvanlar tarafından iştahla tüketilen kaliteli bir kaba yemdir. Silolama başarısının yüksek olması da yeşil kaba yemin olmadığı dönemlerde işletmelerin yem ihtiyacının karşılanmasına önemli bir avantaj oluşturmaktadır.

Yüzleşmekte olduğumuz iklim değişikliği koşulları, kaynak kısıtlarının oluşturduğu riskler ve mısırın yüksek sıcaklık, sulama kısıtlamaları ve ideal olmayan toprak koşulları altında beklenen verimi sağlayamaması, mısır üretiminin sürdürülebilirlik sorunlarını gündemem getirmiştir. Bu durum, araştırmacıları mısıra alternatif olabilecek ürünlerin araştırılmasına yönlendirmiş ve bu kapsamda özellikle sorgum türlerine odaklanılmıştır (Schittenhelm ve Schroetter, 2014; Wu vd., 2021; Gökkuş ve Değirmenci, 2023; Bean ve Marsalis, 2024).

Bu araştırmada da sorgum-sudanotu melezi (*Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*) ve silajlık mısırın (*Zea mays L.*) farklı karışım oranları kullanılarak birlikte ekilmesi ile verim, yem kalitesi ve çevresel etkilerine ilişkin sonuçların elde edilmesi, bu sonuçların yalnız sorgum, yalnız mısır, her iki ürünün soya fasulyesi ve ayçiçeği ile karışık ekiminden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanması hedeflenmiştir.

Bilecik ekolojik koşullarında iki yıl süreyle yürütülen çalışmada aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü 2023, 2024 ve iki yılın ortalamasında işlemlerde belirlenen yeşil ve kuru ot verimleri sırasıyla 2957.1 (yalın SF) – 9103.4 kg da⁻¹ (yalın SM), 5700.0 (yalın SF) – 12771 kg da⁻¹ (yalın SS) ve 4328.6 (yalın SF) – 10047 kg da⁻¹ (yalın SS) arasında değişmiştir. İşlemlerin ortalamasında yeşil ot verimleri birinci yıl 6359.3 kg da⁻¹ ve ikinci yıl 9260.7 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Kuru ot verimleri ise 2023 yılında 828.0 (yalın SF) – 2549.0 kg da⁻¹ (yalın SM), 1596.0 (yalın SF) – 3576.0 kg da⁻¹ (yalın SS) ve 1212.0 (yalın SF) – 2813.3 kg da⁻¹ (yalın SS) arasında değişmiştir. İşlemlerin ortalamasında kuru ot verimleri birinci yıl 1780.6 kg da⁻¹ ve ikinci yıl

2593.0 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Silaj verimlerinde yeşil ve kuru ot verimlerine benzer işlemlerin en yüksek ve düşük değerleri sergilediği görülmüş, silaj veriminin iki yılın birleştirilmiş analizinde 3246.4- 7535.7 kg da⁻¹ arasında, 2023 yılında 2217.9 – 6827.6 kg da⁻¹, 2024 yılında ise 4275.0 – 9578.6 kg da⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. İşlemlerin ortalamasında silaj verimleri birinci yıl 4769.5 kg da⁻¹ ve ikinci yıl 6945.6 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir.

İki yıllık birleştirilmiş analizde hem kuru ot hem de silaj ham protein verimi bakımından işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenememiş, ortalama ham protein verimi kuru otta 153.5–264.8 kg da⁻¹, silajlarda ise 274.4 – 562.6 kg da⁻¹ arasında değişmiştir.

Çalışmada sindirilebilir kuru madde oranı ile negatif ilişkilendirilen ADF oranları da araştırılmıştır. Kuru ot örneklerinde ADF değerlerinin % 37.56 – 43.30 arasında olduğu ve işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Silaj örneklerinde ise ADF oranının % 34.14 – 45.82 arasında değiştiği görülmüş, işlemlerin ADF oranları aynı istatistiksel gruplar içerisinde yoğunlaşmıştır.

Araştırmada işlemlerden elde edilen yemlerin hayvanların gönüllü yem alımı ile negatif ilişkilendirilen NDF oranları da incelenmiştir. Kuru ot örneklerinde NDF ortalamalarının % 48.04 – 73.47 arasında değiştiği, en yüksek NDF içeriği yalnız SSM işleminde belirlendiği ve bu işlem ile % 50 SM + % 50 SSM ve % 25 SM + % 75 SSM işlemlerinin istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı görülmüştür. En düşük NDF oranı ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan Yalın SF, Yalın AY ve % 50 SM + % 50 AY işlemlerinde belirlenmiştir. NDF oranı bakımından Yalın SS ve SS bitkisinin SM ile % 50 ve % 75 karışıma girdiği yemlerde bir miktar yüksek olmasının olumsuz görülebileceği, AY ve SF bitkilerinin ise karışımlarda NDF bakımından avantaj sağladığı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, silaj örneklerinde NDF oranları % 44.81 – 68.43 arasında değişmiş, yalnız SF en düşük NDF içeriği görülen ekim sistemi olurken, diğer tüm işlemler aynı grupta yer almıştır. Silajlarda, kuru ot örneklerinin analizinde görülen ve SSM bitkisinden kaynaklandığı değerlendirilen daha yüksek NDF oranına ilişkin bir dezavantajın tespit edilmemesi olumlu bir sonuç olarak görülmüştür.

Araştırmada işlemlerden elde edilen yemlerin mineral madde içerikleri bakımından değerlendirmesi yapılmış hem kuru ot ve hem de silaj analizi sonuçlarına göre tüm işlemlerden elde edilen yemlerin P, K, Ca ve Mg içeriği bakımından yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada yemlerin kondense tane içerikleri de analiz edilmiş, kuru ot örneklerinde kondense tanen içeriğinin % 0.507 – 0.748 arasında değiştiği ve işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Silaj örneklerinde ise kondense tanen içeriği % 0.454 – 0.971 arasında değişmiştir.

Yapılan araştırmada işlemlerden elde edilen kuru ot örneklerinde NYD 70.37 – 106.76 arasında değişmiş, en yüksek NYD yalnız AY ekimi yapılan işlemde belirlenmiş, 1, 3, 8 ve 11 numaralı işlemler de yalnız AY ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük NYD yalnız SSM ekimi yapılan işlemde belirlenmiştir. Silajlarda ise NYD 79.18 – 128.37 arasında değişmiş, en yüksek NYD yalnız SF ekimi yapılan işlemde belirlenmiş, 1, 8, 9, 10 ve 12 numaralı işlemler yalnız SF ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır.

Araştırmada işlemlerden elde edilen silajların pH düzeyi 3.73 – 4.87 arasında değişmiş, en yüksek pH yalnız SF işleminde belirlenmiş, 4, 8 ve 11 numaralı işlemler de bu işlemle aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Elde edilen sonuçlara göre yalnız SF ve AY işlemlerinden elde edilen silajlarda pH değerinin daha yüksek bulunduğu, bu etkinin SF'nin karışıma girdiği bazı işlemlere de yansıdığı görülmüştür. Bu durumun hasat esnasında bu bitkilerdeki suda çözünebilir karbonhidrat içeriği ile ilişkili olabileceği, yalnız ekimlerde, birlikte ekim sistemlerinde veya karışım silajlarda bu hususun silaj kalitesinin korunması bakımından göz önünde bulundurulması gerektiği değerlendirilmiştir.

Araştırmada elde edilen silajların Flieg puanları incelenmiş ve 74.6 – 126.7 arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek Flieg puanı yalnız SSM işleminde tespit edilmiş, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı işlemler bu işlem ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Elde edilen sonuçlara göre yalnız AY işleminden elde edilen silaj iyi, diğer silajlar ise pekiyi kalite grubunda yer almış ve araştırmada ele alınan işlemlerden elde edilen silajların tümünün yeterli kalitede olduğu değerlendirilmiştir.

İşlemlerden elde edilen silajların organik asit içerikleri analiz edilmiş, işlemlerden elde edilen silajların LA içeriğinin % 1.191 – 3.004 ve AA içeriğinin % 0.106 – 0.347 arasında değiştiği, işlemlerden elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür. Elde edilen değerler kullanılarak LA/AA oranlarının 6.9 – 21.4 aralığında olduğu görülmüş, buna göre araştırmada ele alınan tüm işlemlere ait silajların uygun şekilde işleyen bir fermentasyon sürecine sahip olduğu değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen yem kalitesine ilişkin veriler bir arada

değerlendirildiğinde, tüm işlemlerden elde edilen yemlerin hayvan besleme açısından uygun kalitede olduğu belirlenmiştir. Karışık ekim sistemlerinin protein verimi, ADF, mineral madde içeriği gibi kalite parametrelerine etkisinin yalın ekimlere kıyasla nötr olduğu görülmüştür. Yalın SSM kuru otunda belirlenen nispeten yüksek NDF içeriği, hem yalın SSM hem de karışımların NYD üzerinde negatif etki oluşturmasına rağmen silaj analizlerinde aynı olumsuz etkinin tespit edilmediği görülmüştür. Tanen içeriği bakımından ise SSM bitkisinin olumlu bir etkisinin olduğu ve karışık ekimlerde elde edilen yemlerin tanen içeriklerini bir miktar yükselttiği tespit edilmiştir. Buna göre karışık ekim sistemlerinin uygun yem kalitesi sağladığı ve silajlık mısır üretimine bir alternatif olarak kabul edilebileceği değerlendirilmiştir.

Kuru ot ve silaj verimleri göz önünde bulundurulduğunda ise SM ve SSM'nin farklı oranlarda kendi aralarında ve SF ile AY bitkileri ile birlikte ekim sistemlerinin, yalın SM ve yalın SSM ile benzer verimleri sağladığı, alternatif olarak değerlendirilebileceği, yalın SF ile SM ve SSM'nin üst gübre kullanılmaksızın SF ile birlikte ekildiği sistemlerin (10 ve 11 numaralı işlemlerin) ise verim olarak geride kaldığı ve alternatif olarak önerilemeyeceği belirlenmiştir.

Bununla birlikte çalışma kapsamında yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılarak ele alınan işlemlerdeki ekim sistemlerinin çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. Buna göre incelenen on bir çevresel etki kategorisinden altısında (ATP_F , ÖP, KIP, İTP, DEP, OTİP) en düşük çevresel yükü oluşturan %25 SM + % 75 SSM karışımının çevresel etki bakımından tavsiye edilebilecek ekim sistemi olduğu, bununla birlikte %50 SM + %50 SSM iki etki kategorisinde (AP ve FOOP), yalın SSM iki etki kategorisinde (ATP_E ve KEP), yalın AY ise TSEP kategorisinde en düşük etkiyi oluşturduğu belirlenmiştir. İşlemlerden yalın SF on bir etki kategorisinin onunda en fazla çevresel yükü oluşturduğu, kalan KEP etki kategorisinde ise en fazla çevresel yükün ise %50 SM + % 50 SF işleminde görüldüğü belirlenmiştir. Yapılan çevresel etki değerlendirmesi sonucunda karışık ekimlerde SSM bitkisinin çevresel etki bakımından olumlu, SF bitkisinin ise olumsuz etkisinin olduğu tespit edilmiş ve %25 SM + % 75 SSM karışık ekim sisteminin öncelikli olarak, %50 SM + %50 SSM karışık ekim sisteminin ve yalın SSM ekiminin ise alternatif olarak önerilebileceği değerlendirilmiştir.

Özellikle sıcaklık stresinin daha fazla olduğu ikinci deneme yılında sorgum-sudanotu melezinin istikrarını korumasının yanında verimini oransal olarak daha fazla arttırması, bu bitkinin iklim değişikliği koşullarında, sıcak ve kurak dönemlerde, yağış rejiminin düzensiz olabileceği yıllarda yem üretiminde istikrarın korunması bakımından sigorta görevi

görebileceğini kanıtlamaktadır.

Çalışmada yalın SF ve SF bitkisinin karışıma girdiği ekim sistemleri, birim alandan daha düşük verim alınması nedeniyle birim ürün için daha yüksek çevresel etki oluşturmuştur. Bunun yanında SF'nin dahil olduğu ve üst gübre uygulaması yapılmayan %50 SM + %50 SF ÜG- ve %50 SSM + %50 SF ÜG- ekim sistemleri de hiçbir kategoride daha az çevresel yük oluşturan işlem olamamıştır. Bu sonuçlara göre çevre dostu üretimin daha az girdi kullanımı ile ilişkilendirilemeyeceği, ilave girdi kullanımı, verim artışı ile çevresel etki ilişkisinin YDD gibi objektif yöntemler kullanılarak iyi analiz edilmesi ve girdi kullanımına ilişkin kararların bu veriler doğrultusunda verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Üst gübre uygulaması yapılmayan 10 (%50 SM + %50 SF ÜG-) ve 11 (%50 SSM + %50 SF ÜG-) numaralı işlemlerden, aynı karışım ekilen ve üst gübreleme yapılan 8 (%50 SM + %50 SF) ve 9 (%50 SSM + %50 SF) işlemlerden sırası ile % 17 ve % 15 daha az verim elde edilmiştir. Bu durum birim ürüne oluşan çevresel etki oluşturmanın yanında ekonomik bir kayba da işaret etmekte ve baklagil yem bitkileri ile yapılan karışık ekimler de dahi uygun dozda azotlu gübrelemenin yapılması gerektiğini göstermektedir.

Silajlık mısır yüksek verim ile kaliteli yem sunan önemli bir yem bitkisidir. Ancak bu üretim modelinin sürdürülebilirliği önemli bir tartışma konusudur. Maitah ve diğerleri (2021), Çek Cumhuriyeti'nde mısır veriminin 1961'den 2010'a kadar arttığını, ancak 2010'dan sonra azalmaya başladığını, bu durumun, 2010'dan sonra yağışın azalma eğilimi ve sıcaklıktaki artışla uyumlu olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında Gamble ve diğerleri (2021), Amerika Birleşik Devletleri'nde yaptıkları çalışmalarında, Mısır silajına olan bağımlılığın artması, bu sistemler için üretkenlikteki kazanımların topraktan daha çok karbon salınımı pahasına elde edildiğini, silajlık mısırın üretim sisteminin önemli bir bileşeni olmaya devam etmesi durumunda, C dengelerinin nötr seviyesine kadar iyileştirilmesinin olası olmadığını ifade etmişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlar SM+SSM karışık ekim sistemlerinin verim bakımından özellikle iklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklıklar, azalan ve düzensizleşen yağış koşullarında hayvan yemi arz güvenliğine katkı sağlayabileceğini teyit etmektedir. Bunun yanında SM+SSM karışık ekim sistemleri, SM ağırlıklı kaba yem üretiminden daha az çevresel yük oluşturarak küresel iklim ve çevre hedeflerine ulaşmada bir avantaj oluşturma potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmiştir.

Gelecek çalışmalar için sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere üç

ayağı olduğu unutulmadan, yem bitkileri ve diğer tarımsal çalışmalarda çevresel etki değerlendirmesinin de bir değerlendirme unsuru olarak ele alınması önemlidir. Sorgum türlerinin silajlık mısıra alternatif olabileceği, karışık ekim sistemlerinin yem üretimindeki dalgalanmaları azaltmak için bir unsur olabileceği değerlendirilerek, bu alanda çalışan araştırmacılara uygun çeşitler ve uygun karışım oranlarının belirlenmesi çalışmalarının sürdürülmesi gerekmektedir. Karışık ekimlerde kullanılacak sorgum veya sorgum-sudanotu melezi çeşitlerinin ülkemizin farklı iklim özelliklerine sahip bölgelerinde adaptasyon denemeleri yapılarak en uygun çeşitlerin belirlenmesi önemlidir. Yine karışık ekim sistemlerinde kullanılacak soya fasulyesi türlerinin, karışım içindeki baskılanmayı azaltmak amacıyla gölge dayanımı daha yüksek türlerden seçilmesi önerilir. Yine bu çalışmada yer alan, yem bitkisi olarak kullanımı ülkemizin tarımsal kültüründe çok yer edinememiş olan ayçiçeği bitkisinin de ümitvar sonuçlar sağladığı, bu bitkinin yem bitkisi ve silaj yapımına uygun çeşitlerinin geliştirilmesi durumunda daha başarılı sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilerek ayçiçeği bitkisinin kuru ot ve silaj olarak kullanılacak çeşitlerinin geliştirilmesi için ıslah çalışmalarının gerçekleştirilmesi önerilir.

KAYNAKÇA

- Ahmadi, M., Etedali, H. R., & Elbeltagi, A. (2021). Evaluation of the effect of climate change on maize water footprint under RCPs scenarios in Qazvin plain, Iran. *Agricultural Water Management*, 254, 106969.
- Akbay, F., Özer, M. E., Erol, A., & Uslu, Ö. S. (2022). Mısır bitkisinde farklı dozlarda sıvı ve katı kimyasal gübre formlarının tarımsal özelliklere ve silaj kalitesi üzerine etkisi. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 12(1), 21-30.
- Akkeçeci, Ş. (2024). *Kahramanmaraş-Göksun Koşullarında Farklı Yeşil Gübre Uygulamalarının Silajlık Mısırın Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri* (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Alaca, B. & Özasan Parlak, A., (2017). Mısır, sorgum-sudanotu melezi ile soya, börülce ve guarın karışık ekimlerinin silaj verimi ve kalitesine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2017: 5 (1): 99–104
- Alagöz, M., & Türk, M. (2019). Isparta ekolojik koşullarında farklı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 193-197.
- Alagöz, M., & Türk, M. (2020). Bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (2), 186-191.
- Ali, A. E. E., & Ludidi, N. (2021). Antioxidant responses are associated with differences in drought tolerance between maize and sorghum. *Journal of Oasis Agriculture And Sustainable Development*, 3(3), 1-12.
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of dairy science*, 83 (7), 1598-1624.
- Altuntaş, K., & Yılmaz, M. (2024). Silajlık mısır yetiştiriciliğinde çapraz ekim yönteminin verim ve kaliteye etkisi. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 5(2), 53-62.
- Alves, T. P., Dall-Orsoletta, A. C., & Ribeiro-Filho, H. M. N. (2017). The effects of supplementing Acacia mearnsii tannin extract on dairy cow dry matter intake, milk production, and methane emission in a tropical pasture. *Tropical animal health and production*, 49, 1663-1668.
- Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2(2), 95-96.
- Arslan, M., Erdurmus, C., Öten, M., Aydinoglu, B., & Çakmakçı, S. (2016). Mısır ile soyanın farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen silajlarda besin değerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 417.
- Ashoori, N., Abdi, M., Golzardi, F., Ajalli, J., & Ilkaee, M. N. (2021). Forage potential of sorghum-clover intercropping systems in semi-arid conditions. *Bragantia*, 80, e1421.
- Ateş, Y. K., & Çağan, E. (2023). İki farklı taban gübresi uygulamasının bazı silajlık mısır çeşitlerinin hasıl verimi ve kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 13(2), 154-163.
- Atis, I., Konuskan, O., Duru, M., Gozubenli, H., & Yılmaz, S. (2012). Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal Of Agriculture & Biology*, 14–6–879–886.
- Aykan, Y., & Saruhan, V. (2018). Farklı oranlarda silolanan yembezelyesi (*Pisum sativum* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışımlarının silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 11(2), 64-70.
- Azapagic, A. (2010). Assessing environmental sustainability: Life cycle thinking and life cycle assessment. *Sustainable development in practice: case studies for engineers and scientists*. : John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK. 56-80.

- Bacaksız, O. K., & Azman, M. A. (2022). Tanenler: Silajlarda ve hayvan besleme uygulamalarında kullanımı. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, *11*, 64-73.
- Bacchi, M., Monti, M., Calvi, A., Lo Presti, E., Pellicanò, A., & Preiti, G. (2021). Forage potential of cereal/legume intercrops: agronomic performances, yield, quality forage and LER in two harvesting times in a Mediterranean environment. *Agronomy*, *11*(1), 121.
- Bacenetti, J., Lovarelli, D., Tedesco, D., Pretolani, R., & Ferrante, V. (2018). Environmental impact assessment of alfalfa (*Medicago sativa* L.) hay production. *Science of The Total Environment*, *635*, 551-558.
- Balasuriya, B. T. G., Ghose, A., Gheewala, S. H., & Prapasongsa, T. (2022). Assessment of eutrophication potential from fertiliser application in agricultural systems in Thailand. *Science of the Total Environment*, *833*, 154993.
- Baran, M. (2024). *Mikrobiyal gübre uygulamasının Afyonkarahisar koşullarında yetiştirilen mısıra Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilecik.
- Barry, T. N., Manley, T. R., & Duncan, S. J. (1986). The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep: 4. Sites of carbohydrate and protein digestion as influenced by dietary reactive tannin concentration. *British journal of nutrition*, *55*(1), 123-137.
- Barry, T. N., & McNabb, W. C. (1999). The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British journal of nutrition*, *81*(4), 263-272.
- Başaran U., Gülümser E., Çopur Doğrusöz M. Mut H., & Şahin A. (2017). Farklı silajlık mısır çeşitlerinin hamur olum döneminde silaj ve tane özelliklerinin belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, *21*(Özel Sayı), 1-5.
- Başaran, U., Gulumser, E., Mut, H., & Doğrusöz, M. Ç. (2018). Determination of silage yield and quality of grasspea+ cereal intercrops. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *6*(9), 1237-1242.
- Bate-Smith, E.C., (1975). Phytochemistry of proanthocyanidins. *Phytochemistry* *14*:1107–1113.
- Baumann, H., & Tillman, A.-M. (2004). Introduction to LCA. In *the Hitch Hiker's Guide to LCA: An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application*. Studentlitteratur. İsveç. (pp. 19-69).
- Bean, B., & Marsalis, M. (2024). *Corn and sorghum silage production considerations*. High Plains Dairy Conference.
- Bernas, J., Bernasová, T., Gerstberger, P., Moudrý, J., Konvalina, P., & Moudrý, J. (2021). Cup plant, an alternative to conventional silage from a LCA perspective. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *26*, 311-326.
- Bhattacharai, B., Singh, S., West, C. P., Ritchie, G. L., & Trostle, C. L. (2020). Water depletion pattern and water use efficiency of forage sorghum, pearl millet, and corn under water limiting condition. *Agricultural Water Management*, *238*, 106206.
- Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M., & Nadeem, M. A. (2017). Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(3), 236-241.
- Bilen, Y., & Türk, M. (2021). Banaz şartlarında ikinci ürün sorgum-sudanotu yetiştirilmesi olanakları üzerine bir araştırma. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *16* (1), 46-51.
- BM, (2016). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

- Bolson, D. C., Jacovaci, F. A., Gritti, V. C., Bueno, A. V. I., Daniel, J. L. P., Nussio, L. G., & Jobim, C. C. (2022). Intercropped maize-soybean silage: Effects on forage yield, fermentation pattern and nutritional composition. *Grassland Science*, 68(1), 3-12.
- Boren, D., Yost, M., Johnson, L., Sullivan, T., Creech, E., Gardon, G., Ransom, C., Violett, R., Reid, C., Zesiger, C., Taylor, K., Hadfield, J., Pace, M., & Gale, J. (2022). Sorghum-sudangrass production guide [Fact sheet]. *Utah State University Extension*.
- Boudon, A., Graulet, B., Giger-Reverdin, S., Archimède, H., & Meschy, F. (2019). Minerals, vitamins and water requirements. In INRA feeding system for ruminants. *Wageningen Academic*. (pp. 139-147).
- Boye, J., Wijesinha-Bettoni, R., Burlingame, B. (2012) Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *British Journal of Animal Nutrition*, 108:83–211.
- Brask-Pedersen, D. N., Lamminen, M., Mogensen, L., Hellwing, A. L. F., Johansen, M., Lund, P., ... & Børsting, C. F. (2023). Effect of substituting grass-clover silage with maize silage for dairy cows on nutrient digestibility, rumen metabolism, enteric methane emission and total carbon footprint. *Livestock Science*, 274, 105273.
- Budak, T., & Kır, H. (2018). Sıra Aralıklarının Sorgum ve Sorgum-Sudanotu Melez Çeşitlerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. *21. Yüzyılda Fen ve Teknik*, 2 (12), 49-58.
- Budaklı Çarpıcı, E. (2016). Bursa koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı silajlık mısır çeşitlerinin ot verimi ve kalitesi üzerine bir araştırma. *Derim*, 33(2), 299-308.
- Bulut, S., Çağlar, Ö., & Öztürk, A. (2008). Bazı mısır çeşitlerinin Erzurum ovası koşullarında silaj amaçlı yetiştirilme olanakları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39 (1), 83-91.
- Bulut, S., & Öner, F. (2015). Bazı mısır çeşitlerinin yem kalite parametrelerinin incelenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 10 (2), 293-302.
- Burgu, L., & Mut H. (2023a). İkinci ürün olarak yetiştirilen silajlık mısır çeşitlerinin silaj verimi ve bazı kalite özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 12-24.
- Burgu, L., & Mut, H., (2023b). Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Tarımsal Üretim Uygulamaları. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Teori, Araştırma ve Derlemeler Ekim 2023* (pp.1-18), Serüven Yayınevi.
- Canbolat, Ö. (2012). Bazı buğdaygil kaba yemlerinin in vitro gaz üretimi, sindirilebilir organik madde, nispi yem değeri ve metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılması. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 18(4), 571-577.
- Capstaff, N. M., & Miller, A. J. (2018). Improving the yield and nutritional quality of forage crops. *Frontiers in Plant Science*, 9, 535.
- Carneiro, H., Sobrinho, F. S., Rodrigues, J. A. S., Miranda, J. E. C., & Brum, S. S. (2006). Evaluation of sorghum silages of different genotypes with and without condensed tannins. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5(02).
- Çaçan, E., & İşikten, S. (2019). Bingöl ili ekolojik koşullarında bazı silajlık mısır çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 39-49.
- Çelebi, F. G., & Türk, M. (2021). Yüzey altı damla sulama yöntemi ile sulanan silajlık mısırdaki (zea mays l.) kısıtlı su uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. *Journal of the Faculty of Agriculture/Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2).
- Çelik, B., & Türk, M. (2021). The determination of forage yield and quality of some silage sorghum cultivars in ecological conditions of Uşak province. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2(1), 1-7.
- Çiftçi, S., İdikut, L., Uskutoğlu, D., & Yıldırım, M. (2024). *Tarımsal Atığın ve Azot Dozlarının Mısır Bitkisine Etkilerinin İncelenmesi*. In International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (pp. 176-184).

- Çoban, Ü., & Acar R. (2018). Farklı tohum yataklarına ekilen sorgum-sudanotu çeşitlerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 7(2), 32-38.
- Crevelari, J. A., Durães, N. N. L., Bendia, L. C. R., Vettorazzi, J. C. F., Entringer, G. C., Ferreira, J. A., & Pereira, M. G. (2018). Correlations between agronomic traits and path analysis for silage production in maize hybrids. *Bragantia*, 77(2), 243-252.
- Damian, J. M., Ros, C. O. D., Silva, R. F. D., Coldebella, I. J., & Simon, D. H. (2017). N, P or K doses on the dry matter and crude protein yield in maize and sorghum for silage. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 47, 53-61.
- DATAEM. (2025). Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Web Sayfası. *Yemsoy silajlık / tescil yılı 2008*. [Erişim: 20.Nisan.2025, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Menu/33/Soya--Danelik--Silajlik->]
- De Mendiburu, F., & Yaseen, M. (2020). *agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.4. 0. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Dědina, M., Jevič, P., Čermák, P., Moudrý, J., Mukosha, C. E., Lošák, T., ... & Watzlová, E. (2024). Environmental life cycle assessment of silage maize in relation to regenerative agriculture. *Sustainability*, 16(2), 481.
- Dekamin, M., Ghaemmaghami, S. M., & Toranjian, A. (2025). Life Cycle Assessment of Major Crops in the Lenjanat Watershed, Isfahan Province. *Agriculture, Environment & Society*, e224282.
- Delahaye, R., Fong, P. K. N., Eerd, M. M. van, Hoek, K. W. van der, & Olsthoorn, C. S. M. (2003). *Emissie van zeventien zware metalen naar landbouwgrond*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, Hollanda.
- Demirer, G. (2011). *Pratik yaşam döngüsü analizi klavuzu AB sürecinde işletmeler ve kamu için yaşam döngüsü analizi yöntem ve örnekleri, Yaşam Döngüsü Analizi, Sürdürülebilir Üretim Ve Tüketim Yayınları-1*, s.7-39. Ankara.
- Detmann, E., de Sousa, L. C. O., Lima, N. S., & Franco, M. O. (2024). What is the impact of neutral detergent fibre digestibility on productive performance of beef cattle fed tropical forages?. *Livestock Science*, 290, 105608.
- Di Miceli, G., Licata, M., & Marceddu, R. (2023). Forage mixture productivity and silage quality from a grass/legume intercrop in a semiarid Mediterranean environment. *Agronomy Journal*, 115(3), 1131-1145.
- DLG. (1987) *Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere*. 4. Schweine. DLG-Verlag GmbH
- Doğrusöz, M. Ç., Hakkoymaz, O., Başaran, U., Mut, H. ve Gülümser, E. (2023). Çavdar ile macar fiğı ve yem bezelyesinin karışık ekim sisteminde ot verimi ve kalitesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(2), 442-450.
- Dönmez, H. B., & Hatipoğlu, R. (2024). Çukurova bölgesi ikinci ürün koşullarında bazı inci darı (*Pennisetum glaucum* (L.) r. br.) çeşitlerinin ot verimleri ve agromorfolojik özellikleri üzerinde bir araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(4), 910-919.
- Dua, K., & Care, A. D. (1999). The role of phosphate on the rates of mineral absorption from the forestomach of sheep. *Vet. J.*, 157, 51-55.
- Durlinger, B., Koukouna, E., Broekema, R., van Paassen, M., & Scholten, J. (2017). *Agrifootprint 4.0-Part 2: description of data*. Gouda. The Netherlands.
- Dündar, A. A. (2024). *Yonca (Medicago sativa L.) ve İtalyan çimi (Lolium multiflorum L.) karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilecik.
- Ecoinvent. (2025). *Ecoinvent Mission & History*. <https://ecoinvent.org/mission-history/> (erişim tarihi 11.07.2025)

- Emmenegger, M. F., Reinhard, J., Zah, R., Ziep, T., Weichbrodt, R., Wohlgemuth, V., ... & Gaillard, G. (2009). *Sustainability quick check for biofuels. Intermediate background report*. Agroscope Reckenholz-Tänikon, Dübendorf. İsviçre.
- Emre, K., Sürmen, M., & Erdoğan, H. (2019). Katı biyogaz atığı uygulamalarının sorgum ve sorgum x sudanotu melezi bitkilerinde yem verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 355-361.
- Erdoğan, S., Çelebi, Ş. Z., & Homan, E. (2021). Mardin ekolojik koşullarında farklı karışım oranlarıyla ekilen mısır ve soya bitkisinin yem verimi ve silaj kalite endeksleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(4), 799-806.
- Eren, Ö., (2011). *Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (Sorghum bicolor (L.) Moench) Üretiminde Yaşam Döngüsü Enerji Ve Çevresel Etki Analizi*. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food security*, 14(5), 1295-1319.
- Ergün, A. Tuncer, Ş.D. Çolpan, İ. Yalçın, S. Yıldız, G. Küçükersan, M.K. Küçükersan, S. Şehu, A. Saçaklı, P. (2013). *Yemler, yem hijyeni ve teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Genişletilmiş 5. Baskı, Ankara.
- Erkovan, Ş., & Afacan, H. (2024). Performances of some sorghum genotypes under Eskişehir ecological conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 107-115.
- Ertekin, I., & Yılmaz, S. (2022). The effects of sowing designs on forage yield and quality of sweet sorghum and mung bean mixtures under mediterranean conditions. *Turkish Journal Of Field Crops*, 27(2).
- Esen, S., Okuyucu, B., Koc, F., & Özdüven, L. (2022). Determination of nutritional quality and aerobic stability of sorghum, maize, and sorghum-maize mixture silages. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 61-69.
- Estokova, A., Vilcekova, S., & Porhincak, M. (2017). Analyzing embodied energy, global warming and acidification potentials of materials in residential buildings. *Procedia engineering*, 180, 1675-1683.
- Ezer, A., (2019). *An Assessment Of Soil Erosion Using Rusle Model: A Case Study From The Marmara Region*. (Yüksek Lisans Tezi). Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- FAOSTAT., (2022). FAO Crops and livestock products statistics. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (erişim tarihi 25.10.2024)
- FAO., (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Crop Water Information: Maize. 2024. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/maize/en/> (erişim tarihi 25.10.2024).
- Farré, I., & Faci, J. M. (2006). Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural water management*, 83(1-2), 135-143.
- Fathollahi, H., Mousavi-Avval, S. H., Akram, A., & Rafiee, S. (2018). Comparative energy, economic and environmental analyses of forage production systems for dairy farming. *Journal of Cleaner Production*, 182, 852-862.
- Filya, İ., 2001. *Silaj Teknolojisi*. Hakan Ofset, İzmir
- Fowler, D, Amann, M, Anderson, R, Ashmore, M, Cox, P, Depledge, M, Derwent, D, Grennfelt, P, Hewitt, N, Hov, O, Jenkin, M, Kelly, F, Liss, P, Pilling, M, Pyle, J, Slingso, J & Stevenson, D., (2008), *Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications*. The Royal Society, London. England.
- Froberg, F. (2022). *Variations in the Environmental Footprint of Cocoa Value Chains The Case of Swiss Chocolate* (Yüksek Lisans Tezi). Zürcher Hochschule Für Angewandte

- Wissenschaften Departement Life Sciences Und Facility Management Institut Für Umwelt Und Nat Urliche Ressourcen, Zürich.
- Gamble, J. D., Feyereisen, G. W., Griffis, T. J., Went, C. D., & Baker, J. M. (2021). Long-term ecosystem carbon losses from silage maize-based forage cropping systems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 306, 108438.
- Geren, H., & Kavut, Y. T. (2009). İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum* sp.) türlerinin mısır (*Zea mays* L.) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 46(1), 9-16.
- Gökkuş, M. K., & Degirmenci, H. (2023). Comparison of physical and quality characteristics of silage maize and silage sorghum under deficit irrigation conditions. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 7(3), 550-562.
- Gönülal, E. (2020). Performance of sorghum× Sudan grass hybrid (*Sorghum bicolor* L.× *Sorghum sudanense*) cultivars under water stress conditions of arid and semiarid regions. *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci*, 8(2), 78-82.
- Getachew, G., Putnam, D. H., De Ben, C. M., & De Peters, E. J. (2016). Potential of sorghum as an alternative to corn forage. *American Journal of Plant Sciences*, 7(7), 1106-1121.
- Google Earth. (2024). [Deneme Alanı Uydu Görüntüsü]., Erişim Tarihi: 03.04.2025 Google Earth Pro.
- Göçer, E. U., & Karadağ, Y. (2022). Tokat koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen sorgum (*sorghum bicolor* l) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Agriculture*, 5(1), 18-24.
- Görü, N. & Seydoşoğlu, S. (2021). Bazı serin iklim tahıllarının (yulaf, arpa, çavdar ve tritikale) yaygın fiğ ile farklı oranlarda karışımlarında silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Agriculture/Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1).
- Guinée, J. B. (2002). Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards (Vol. 7): Springer Science & Business Media.
- Güneş, A., & Acar, R. (2005). Karaman ekolojik koşullarında silajlık sorgum x sudanotu melezinin ikinci ürün olarak yetiştirme imkanlarının belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19, 8-15.
- Gürel, N., & Okant, M. (2020). Mısır (*Zea mays* L.) ve börülce (*Vigna sinensis* L.)'nin ikinci ürün olarak birlikte yetiştirmenin yeşil ot verimi ve bazı tarımsal karakterlere etkilerinin araştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(1), 31-41.
- Hansen, T. L., & Lawrence, L. M. (2017). Composition factors predicting forage digestibility by horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 58, 97-102.
- Hartung, J. (2013). A short history of livestock production. In *Livestock housing* (pp. 21-34). Wageningen Academic.
- Hatfield, J. L., Antle, J., Garrett, K. A., Izaurralde, R. C., Mader, T., Marshall, E., ... & Ziska, L. (2020). Indicators of climate change in agricultural systems. *Climatic Change*, 163, 1719-1732.
- Hayashi, K., & Itsubo, N. (2023). Damage factors of stratospheric ozone depletion on human health impact with the addition of nitrous oxide as the largest contributor in the 2000s. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(8), 990-1002.
- Huss, C. P., Holmes, K. D., & Blubaugh, C. K. (2022). Benefits and risks of intercropping for crop resilience and pest management. *Journal of economic entomology*, 115(5), 1350-1362.
- IPCC. (2019). *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Advance Version). Chapter 10, Volume 4 (AFOLU); 2019*; [Erişim: 23.Eylül.2025, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>]
- IPCC. (2023) Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

- Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- Iptas, S., Oz, A., & Boz, A. (2002). Tokat-Kazova koşullarında ikinci ürün silajlık mısır yetiştirme olanakları. *Journal of Agricultural Sciences*, 8(03), 185-191.
- Jalč, D., Lauková, A., & Kišidayová, S. (2010). Effect of inoculants on fermentation parameters and chemical composition in grass and corn silages. *Slovak Journal of Animal Science*, 43(3), 141-146.
- Javier-Astete, R., Jimenez-Davalos, J., & Zolla, G. (2021). Determination of hemicellulose, cellulose, holocellulose and lignin content using FTIR in *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Schum. and *Guazuma crinita* Lam. *PLoS One*, 16(10), e0256559.
- Jayanegara, A., Sujarnoko, T. U., Ridla, M., Kondo, M., & Kreuzer, M. (2019). Silage quality as influenced by concentration and type of tannins present in the material ensiled: A meta-analysis. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 103(2), 456-465.
- Jeranyama, P., & Garcia, A. D. (2004). Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ)., [Erişim: 10.08.2025, https://openprairie.sdstate.edu/extension_extra/352/]
- Ji, Z., Shi, Y., Jiang, L., Wang, X., Zhu, G., & Zhou, G. (2025). Double-cropping systems based on maize, sorghum, and alfalfa: impact on nutritive value and silage fermentation quality. *Agronomy*, 15(3), 630.
- Jimenez, L. E. R., Avalos, J. O., Ortega, O. A. C., Hernandez, J. C. A., & Ronquillo, M. G. (2024). Forage yield, chemical composition and potential milk yield using maize silage from asia, europe, north and south american continents: A systematic review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(3).
- Juráček, M., Biro, D., Šimko, M., Gálik, B., & Rolinec, M. (2012). The quality of maize silages from west region of Slovakia. *Journal of Central European Agriculture*. 13(4), p.695-703.
- Kacar, B., & Inal, A. (2008). *Bitki analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık, Türkiye.
- Kamalak, A., Kaplan, M., Özkan, Ç. Ö., & Atalay, A. İ. (2014). Vejetasyon döneminin yabancı korunga otunun potansiyel besleme değerine, metan üretimine ve kondense tanen içeriğine etkisi. *Harran Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 3(1), 1-5.
- Kaplan, M., Kara, K., Unlukara, A., Kale, H., Beyzi, S. B., Varol, I. S., Kızılsimşek M. & Kamalak, A. (2019). Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. *Agricultural Water Management*, 218, 30-36.
- Kara, E., Sürmen, M., & Erdoğan, H. (2019). Katı biyogaz atığı uygulamalarının sorgum ve sorgum x sudanotu melezi bitkilerinde yem verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 355-361.
- Karadeniz, E., & Saruhan, V. (2021a). Investigation of the effects of different planting time applications on yield and yield components of silage corn (*zea mays* l.) varieties in Mardin ecological conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(1), 58-69.
- Karadeniz, E., & Saruhan, V. (2021b). Mardin ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarında yetiştirilen ikinci ürün silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin silaj özelliklerinin araştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 275-289.
- Karadeniz, E., & Bengisu, G. (2022). Mardin koşullarında farklı azot dozlarının tek yıllık çimin (*Lolium multiflorum* cv. caramba) ot verimi ve kalitesine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(3), 567-573.
- Karagöz, Ş. M., Uzun, S., Özaktan, H., Uzun, O., Güneş, A. (2019). Kayseri Yeşilhisar ekolojik koşullarında farklı azotlu gübre kaynakları ve dozlarının silajlık mısırın bazı verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 349-356.
- Kardeş, Y. M., Gülümser, E. ve Mut H., (2023). Bilecik ekolojik koşullarında ikinci ürün olarak

- yetiştirilen bazı sorgum-sudanotu melezlerinin (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf.) kaba yem kalitesi. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(3), 574-580.
- Karnatam, K. S., Mythri, B., Un Nisa, W., Sharma, H., Meena, T. K., Rana, P., ... & Sandhu, S. (2023). Silage maize as a potent candidate for sustainable animal husbandry development—perspectives and strategies for genetic enhancement. *Frontiers in Genetics*, 14, 1150132.
- Keskin, B., Akdeniz, H., Temel, S., & Eren, B. (2018). Determination of agricultural characteristics of some silage sorghum and Sudan grass varieties grown as second product. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 28(4), 412-418.
- Keskin, B., & Hüseyinbaş, S. (2025). Bazı Silajlık Mısır Çeşitlerinin Verim ve Bazı Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 89-97.
- Keten, M., (2011). *Kısıntılı sulama koşullarında bitki stres indeksleri (CWSI ve WDI) kullanılarak silajlık mısır ve sorgum bitkilerinin su-verim ilişkilerinin belirlenmesi.* (Doktora Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.
- Khatun, M. J., & Khan, M. K. I. (2015). Different types of maize silage and unconventional feed resources and their nutritive values. *Forage Res*, 41(1), 1-9.
- Kılıç A., (1984). *Silo yemi*. Bilgehan Basımevi, s. 350, İzmir-Türkiye.
- Kır, H., & Şahan, B. D. (2019). Kırşehir ekolojik koşullarında bazı silajlık sorgum ile sorgum-sudanotu melez çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(3), 388-395.
- Kır, H., & Ünsal, B. (2020). Kırşehir koşullarında farklı sıra üzeri mesafelerin bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 10(2), 76-83.
- Kidambi, S. P., Matches, A. G., & Griggs, 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 Manag.*, 42, 316-322.
- Kim, M., & Sung, K. (2023). Assessment of weather events impacts on forage production trend of sorghum-sudangrass hybrid. *Journal of Animal Science and Technology*, 65(4), 792.
- Kırtok, Y. (1998). *Mısır Üretimi ve Kullanımı*. Kocaoluk Basım ve Yayınevi, Ders Kitabı, İstanbul.
- Kızıl Aydemir, S., Kızıllışımşek, M., & Turhal, K. (2017). Farklı sıralara ekilen sorgum ve soya bitkisinde ekim oranlarının bazı bitkisel özelliklere yem verime ve kalitesine etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(4), 265-270.
- Kızıl Aydemir, S., (2018). Farklı ekim oranlarının mısır-soyanın birlikte üretiminin bazı agronomik ve verim özellikleri üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(3), 305-311.
- Kızıllışımşek, M., Akbay, F., Günaydın, T., & Kabakçı, A. (2024). Kahramanmaraş koşullarında farklı silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde agronomik özelliklerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(11), 1922-1929.
- Kim, M., & Sung, K. (2023). Assessment of weather events impacts on forage production trend of sorghum-sudangrass hybrid. *Journal of Animal Science and Technology*, 65(4), 792.
- Kitapçı, T., Ağırağaç, Z., & Çelebi, Ş. Z. (2024). Farklı ekim zamanlarında silajlık soya çeşitlerinin (*Glycine max.* (L.) Merr.) verim ve yem kalitesine etkileri. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(3), 564-577.
- Kobak, O., & Tas, İ. (2021). İkinci ürün silajlık mısırdaki dinamik sulama programının verim ve morfolojik özellikler üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 49-57.

- Korkmaz, Y., Ayasan, T., Aykanat, S., & Avcı, M. (2019). Çukurova ikinci ürün koşullarında yetiştirilen silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin verim ve silaj kalite performanslarının değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 13-19.
- Korkmaz, Y., Aykanat, S., & Sevilmiş, U. (2019). İkinci Ürün koşullarında bazı silajlık mısır çeşitlerinde verim ve verim ögeleri arasındaki ilişkilerin saptanması. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 2(2), 84-93.
- Kördikanlıoğlu, E. (2022). *Bilecik koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek silajlık mısır çeşitlerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Kung, L. (2018). Silage fermentation and additives. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 26(3-4).
- Kuppusamy, P., Soundharajan, I., Jung, J. S., Hak, Y. S., Park, H. S., Han, O. K., & Choi, K. C. (2024). Growth characteristics and productivity of sorghum-sudangrass hybrids in jeju island, korea. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 44(3), 157-164.
- Kurt, Ö., Kamalak, A., & Kurt, A. N. (2022). Bazı baklagil yem bitkilerinin nispi yem değerleri, in vitro gaz üretimi, organik madde sindirim derecesi ve metabolik enerji içeriklerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2), 1143-1153.
- Kushkhov, A., Berbekova, N., & Zhurtova, A. (2021). Productivity of sudan grass and sorghum-sudangrass hybrids depending on seeding rates and planting methods in the steppe dryland zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *In E3S Web of Conferences* (Vol. 262, p. 01012). EDP Sciences.
- Kuşaksız, T., & Kaya, Ç. (2010). Bazı melez mısır çeşitlerinin (*Zea mays* L.) Manisa ekolojik koşullarında silaj amaçlı yetiştirilme olanakları. *CB Ü. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 2(13), 63-74.
- Lemaire, G., & Belanger, G. (2019). Allometries in plants as drivers of forage nutritive value: A review. *Agriculture*, 10(1), 5.
- Lima, L. M., Bastos, M. S., Ávila, C. L., Ferreira, D. D., Casagrande, D. R., & Bernardes, T. F. (2022). Factors determining yield and nutritive value of maize for silage under tropical conditions. *Grass and Forage Science*, 77(3), 201-215.
- Li, J., Wen, X., Yang, J., Yang, W., Xin, Y., Zhang, L., ... & Yan, Y. (2022). Effects of maize varieties on biomass yield and silage quality of maize-soybean intercropping in the Qinghai-Tibet Plateau. *Fermentation*, 8(10), 542.
- Liu, X., Li, D., Ge, Q., Yang, B., & Li, S. (2023). Effects of harvest period and mixed ratio on the characteristic and quality of mixed silage of alfalfa and maize. *Animal Feed Science and Technology*, 306, 115796.
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620.
- Lu, Y., Ma, R., Gao, W., You, Y., Jiang, C., Zhang, Z., ... & Yang, X. (2024). Optimizing the nitrogen application rate and planting density to improve dry matter yield, water productivity and N-use efficiency of forage maize in a rainfed region. *Agricultural Water Management*, 305, 109125.
- MAEM, (2025). Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Web Sayfası. *Mısır Çeşitlerimiz*. [Erişim: 20.Nisan.2025, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/misir/Menu/23/Misir>]
- Maggi, G., Schneider, C. R., Lima, A. D., Rovaris, G. B., Krolow, R. H., & Castagnara, D. D. (2023). Quality of sorghum hybrid silages at different storage times. *South African Journal of Animal Science*, 53(4), 560-572.

- Maitah, M., Malec, K., & Maitah, K. (2021). Influence of precipitation and temperature on maize production in the Czech Republic from 2002 to 2019. *Scientific Reports*, 11(1), 10467.
- Malhi, G. S., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13(3), 1318.
- McDonald, I., Baral, R., & Min, D. (2021). Effects of alfalfa and alfalfa-grass mixtures with nitrogen fertilization on dry matter yield and forage nutritive value. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(2), 305.
- McGill, R., Tukey, J. W., & Larsen, W. A. (1978). Variations of box plots. *The American statistician*, 32(1), 12-16.
- Mels, A.; Bisschops, I.; Swart, B. (2008). Zware Metalen in Meststoffen—Vergelijking van urine en zwart Water met in Nederland Toegepaste Meststoffen; Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA): Engelsbrand, Alanya.
- Meshram, R. B., & Kumar, S. (2022). Comparative life cycle assessment (LCA) of geopolymer cement manufacturing with Portland cement in Indian context. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(6), 4791-4802.
- Meşe, A., & Gülümser, E. (2020). Farklı silajlık mısır çeşitlerinin Bilecik ekolojik koşullarında tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 89-98.
- Meşe, A., & Gülümser, E. (2021). Silajlık mısır çeşitlerinin ham protein verimi ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(3), 231-237.
- Miron, J., Zuckerman, E., Adin, G., Solomon, R., Shoshani, E., Nikbachat, M., ... & Ben-Ghedalia, D. (2007). Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 139(1-2), 23-39.
- Mirza, A., (2023). *Yozgat Koşullarında Yem Bezelyesi ve Macar Fiği ile Tritikale İkili Karışımlarında Ot Kalitesinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yozgat.
- Moore, K. J., Lenssen, A. W., & Fales, S. L. (2020). Factors affecting forage quality. *Forages: The science of grassland agriculture*, 2, 701-717.
- Moray, S., & İstanbulluoğlu, A. (2022). Tekirdağ koşullarında sorgum-sudanotu melezi (*Sorghum bicolor*-*Sorghum sudanense*) su verim ilişkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 166-176.
- Moura, M. M. A., Pires, D. A. D. A., Costa, R. F., Tolentino, D. C., Rigueira, J. P. S., & Sales, E. C. J. D. (2017). Nutritional value of sorghum silages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(2), 137-142.
- Muller D.L., (2023). *Dietary minerals for dairy cows on pasture*. [Erişim: 07.Ağustos.2025, <https://extension.psu.edu/dietary-minerals-for-dairy-cows-on-pasture>]
- Mut H., Gülümser, E., Doğrusöz, M. Ç., & Başaran, U. (2020a). Koca fiğ ile italyan çimi karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 391-396.
- Mut, H., Gülümser, E., Doğrusöz, M. Ç., & Başaran, U. (2020b). Değişik arkadaş bitkilerin yonca silaj kalitesine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 975-980.
- Nemecek T, Schnetzer J. (2011) *Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems*. Data v3 0. Zurich: Agroscope ReckenholzTänikon Research Station ART;34
- Naumann C & Bassler R. (1993). *Die Chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch, Band III*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

- Negri, L., Bosi, S., Fakaros, A., Ventura, F., Magagnoli, S., Masetti, A., ... & Dinelli, G. (2024). Millets and sorghum as promising alternatives to maize for enhancing climate change adaptation strategies in the Mediterranean Basin. *Field Crops Research*, 318, 109563.
- Noya, I., Gonzalez-Garcia, S., Bacenetti, J., Fiala, M., & Moreira, M. T. (2018). Environmental impacts of the cultivation-phase associated with agricultural crops for feed production. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3721-3733.
- NRC, (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. Natl. Acad. Press, Washington DC.
- Oba, M., & Allen, M. S. (2000). Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1333-1341.
- Olgun, F. (2011). *Silajlık melez mısır çeşitlerinin farklı hasat zamanının verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkisi*, (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Önal Aşçı, Ö. & Acar, Z. (2018). *Kaba Yemlerde Kalite*. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. ISBN: 978-605-01-1227-6.
- Öner, F., & Güneş, A. (2019). Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin silajlık verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 42-50.
- Öten, M., Kiremitçi, S., & Çınar, O. (2016). Bazı yem bitkileri ve karışımlarıyla hazırlanan silajların silaj kalitelerinin farklı yöntemlerle belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 33-43.
- Özata, E., & Kapar, H. (2017). Nitelikli saf hatlardan elde edilen silajlık hibrit mısır çeşit adaylarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26, 161-168.
- Özdemir, A. & Duru, A. A. (2023). Partikül boyutunun yonca silajlarının kalitesine etkisi. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(2), 82-89.
- Özdemir, S. (2023). *Silajlık olarak yetiştirilen bazı yem bitkisi karışımlarının hayvan besleme ve biyogaz verim potansiyelleri açısından değerlendirilmesi* (Doktora Tezi). Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Özel, A., & Acar, R. (2020). Ekim normunun soya fasulyesinde (*Glycine max* L. Merrill) ot verimine etkileri. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(3), 141-147.
- Özmen, S. (2017). *Bingöl koşullarında farklı sorgum türlerinin ot verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Öztürk, Y. & Çarpıcı, E. B., (2019). Bazı silajlık mısır çeşitlerinin silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 227-233.
- Öztürk, Y., & Orak, A. (2020). Tekirdağ koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen önemli bazı mısır çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1634-1646.
- Öztürk, O., Özer, S., Çebi, U., Aydın, B., & Avcı, G. G. (2025). Kırklareli koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin şeker sorgumu ve silajlık mısır bitkilerinin verim ve kalite parametrelerine etkisi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 35(1), 26-40.
- Ozyazıcı, M. A., & Acikbas, S. (2019). Determination of mineral contents of sorghum (*Sorghum* sp.) and corn (*Zea mays* L.) varieties grown for roughage. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(12), 227-237.
- Özyazıcı, M. A., & Açıkbaş, S. (2020). Sorgum x sudanotu melezi ve sudanotu çeşitlerinde hasat zamanının makro besin maddeleri konsantrasyonlarına etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 47-58.

- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. O., & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. *Silage science and technology*, 42, 31-93.
- Pang, H., Zhou, P., Yue, Z., Wang, Z., Qin, G., Wang, Y., ... & Cai, Y. (2024). Fermentation characteristics, chemical composition, and aerobic stability in whole crop corn silage treated with lactic acid bacteria or *Artemisia argyi*. *Agriculture*, 14(7), 1015.
- Patra, A. K., & Saxena, J. (2011). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 24-37.
- Paul, S. S., & Dey, A. (2015). Nutrition in health and immune function of ruminants. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 85(2), 103-112.
- Podkówka, Z., & Podkówka, L. (2011). Chemical composition and quality of sweet sorghum and maize silages. *Journal of Central European Agriculture*. 2011, 12(2), P.294-303.
- Prajapati, N., Singh, G., Choudhary, P., & Jat, B. L. (2017). Effect of seed rate on yield and quality of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L. Monenchen) genotypes. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 6(2), 339-55.
- Praveen, B., & Sharma, P. (2019). A review of literature on climate change and its impacts on agriculture productivity. *Journal of Public Affairs*, 19(4), e1960.
- R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Ray, L. I. P., Jyothi, K. S., Singh, A. K., Bharti, V., & Pandey, P. K. (2024). Strategies for water productivity enhancement in maize—a comprehensive review. *Irrigation and Drainage*, 73(1), 359-374.
- Rezende, R. P. de, Golin, H. de O., Abreu, V. L. da S. de, Theodoro, G. de F., Franco, G. L., Brumatti, R. C., Fernandes, P. B., Bento, A. L. de L., & Rocha, R. F. A. T. (2020). Does intercropping maize with forage sorghum effect biomass yield, silage bromatological quality and economic viability? *Research, Society and Development*, 9(4), e46942818.
- Riaz, M. Q., Südekum, K. H., Clauss, M., & Jayanegara, A. (2014). Voluntary feed intake and digestibility of four domestic ruminant species as influenced by dietary constituents: A meta-analysis. *Livestock Science*, 162, 76-85.
- Rohweder, D., Barnes, R. F., & Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of animal science*, 47(3), 747-759.
- Rossi, E. S., Carletto, R., Possatto Junior, O., Neumann, M., & Faria, M. V. (2015). Genetic improvement and quality parameters of sorghum silage (*Sorghum bicolor* L. Moench) in relation to maize silage (*Zea mays* L.), *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v.8, n.1, p.89-98.
- Özkan, S.S. (2022). Silage quality traits of sorghum-sudangrass hybrid and sunn hemp mixtures at different ratios in the Mediterranean climate. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 34 (7): 612-619
- Sadafzadeh, E., Javanmard, A., Amani Machiani, M., & Sofu, A. (2023). Application of bio-fertilizers improves forage quantity and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) intercropped with soybean (*Glycine max* L.). *Plants*, 12(16), 2985.
- Sainz-Ramírez, A., Botana, A., Pereira-Crespo, S., González-González, L., Veiga, M., Resch, C., Valladares J., Arriago-jordan C.M. & Flores-Calvete, G. (2020). Effect of the cutting date and the use of additives on the chemical composition and fermentative quality of sunflower silage. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 620-637.
- Salman, A., & Budak, B. (2015). Farklı sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf.) çeşitlerinin ege sahil kuşağındaki verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 93-100.
- Samarappuli, D. & Berti, M. T. (2018). Intercropping forage sorghum with maize is a promising alternative to maize silage for biogas production. *Journal of Cleaner Production*, 194, 515-524.

- Sar, T., Avcı, S. & Avcı, M. (2019). Evaluation of the vegetation period according to climate change scenarios: a case study in the inner West Anatolia subregion of Turkey. *Coğrafya Dergisi*, 0 (39), 29-39.
- Scarlat, M., Samuil, C., Stavarache, M., Nazare, A. I., & Vîntu, V. (2019). The influence of some technological factors on the quality of corn silage in the conditions of Jijia-Bahlui depression. *Romanian Journal of Grassland and Forage Crops*, 20(2), 47-54.
- Schittenhelm, S., & Schroetter, S. (2014). Comparison of drought tolerance of maize, sweet sorghum and sorghum-sudangrass hybrids. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(1), 46-53
- Schröder B, Diener M. (2005) *Grundlagen der Zellphysiologie. 2nd ed.* In: W Engelhard, G Breves, eds. Physiologie der Haustiere, Alanya.
- Segato, S., Marchesini, G., Serva, L., Contiero, B., Magrin, L., & Andrighetto, I. (2022). Assessment of fermentative quality of ensiled high-moisture maize grains by a multivariate modelling approach. *Agronomy*, 12(2), 429.
- Seglar, B. (2003). *Fermentation Analysis And Silage Quality Testing*. Minnesota Dairy Health Conference. Saint Paul, Minesota, USA. s. 119-135.
- Seydoşoğlu, S., & Saruhan, V. (2017). Farklı ekim zamanlarının bazı silajlık mısır çeşitlerinde verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(4), 377-383.
- Seydoşoğlu, S. (2018). İkinci ürün bazı silajlık mısır çeşitlerinin silajlarında makro element içeriklerinin belirlenmesi. Ejons 4. International Congress On Mathematics, Engineering, Naturaland Health Sciences. (Sf. 251-255)
- Seydoşoğlu, S., & Cengiz, R. (2020). İkinci ürün olarak yetiştirilen silajlık mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanları ile FAO olum gruplarının verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesi. *Euroasia journal of mathematics, engineering, natural & medical sciences*, 7(8), 117-125.
- Sırakaya, S. (2024). Kitosan ve organik asitli çözeltilerinin mısır silajı kalitesine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(5), 739-746.
- Sigurnjak, I., Vaneekhaute, C., Michels, E., Ryckaert, B., Ghekiere, G., Tack, F. M. G., & Meers, E. (2017). Fertilizer performance of liquid fraction of digestate as synthetic nitrogen substitute in silage maize cultivation for three consecutive years. *Science of the Total Environment*, 599, 1885-1894.
- Singh, S., Bhat, B. V., Shukla, G. P., Gaharana, D., & Anele, U. Y. (2017). Nutritional evaluation of different varieties of sorghum stovers in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 227, 42-51.
- Skonieski, F. R., Nörnberg, J. L., Kessler, J. D., David, D. B. D., Azevedo, E. B. D., Brüning, G., & Pimentel, C. M. M. (2014). Corn plant arrangement and its effect on silage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43, 114-119.
- Soe Htet, M. N., Than, N. N., Soomro, R. N., Ya-Dong, X., & Jiang-Bo, H. (2016). Comparison of nutrients composition, forage and silage yields of maize (*Zea mays* L.). *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 3(7), 474-479.
- Soe Htet, M. N., Hai, J. B., Bo, P. T., Gong, X. W., Liu, C. J., Dang, K., ... & Feng, B. L. (2021). Evaluation of nutritive values through comparison of forage yield and silage quality of mono-cropped and intercropped maize-soybean harvested at two maturity stages. *Agriculture*, 11(5), 452.
- Song, Y., Lee, S. H., Rahman, M. A., & Lee, K. W. (2021). Evaluation of intercropping sorghum× sudangrass hybrid (sorghum bicolor) with legume crops based on growth characteristics, forage productivity, and feed values at a summer paddy field. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 41(3), 198-204.

- Sphera (2025). *LCA for experts*. <https://sphera.com/product-stewardship/life-cycle-assessment-software-and-data/lca-for-experts/?nab=0> (Erişim tarihi 11.07.2025)
- Straffelini, E., & Tarolli, P. (2023). Climate change-induced aridity is affecting agriculture in Northeast Italy. *Agricultural Systems*, 208, 103647.
- Supasri, T., Itsubo, N., Gheewala, S. H., & Sampattagul, S. (2020). Life cycle assessment of maize cultivation and biomass utilization in northern Thailand. *Scientific reports*, 10(1), 3516.
- Süer, E. R., & Acar, R. (2019). Farklı ekim yataklarına ikinci ürün olarak ekilen silajlık sorgum ve mısırın verim ve verim unsurları. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8(2), 273-278.
- Sürmen, M., & Kara, E. (2022). Forage yield and quality performances of sorghum genotypes in Mediterranean ecological conditions. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 331-339.
- Şahin, E., Çaçan, E., & Özen, D. (2024). Alternatif silaj bitkilerinin AHP-TOPSIS yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(2), 187-193.
- Tan, M., Yolcu, H., & Dumlu Gul, Z. (2015). Nutritive value of sunflower silages ensiled with corn or alfalfa at different rate. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2015), 184-191.
- Tan, H. Y., Sieo, C. C., Abdullah, N., Liang, J. B., Huang, X. D., & Ho, Y. W. (2011). Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa in vitro. *Animal feed science and technology*, 169(3-4), 185-193.
- Tanrıkulu, A., Dokuyucu, T., & Sürme, M. (2020). Mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının silaj verimi, verim unsurları ve kalite özelliklerine etkisinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 43-52.
- Temel, S., & Şahin, C. (2022). *Atriplex nitens* Schkuhr'ın ot verim ve kalite özelliklerine farklı azot ve fosforlu gübre dozlarının etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8(3), 491-501.
- Temür, C., Güney, M., Erdoğan, S., & Demirel, M. (2021). Fermentation and digestibility characteristics of soybean, sunflower and their mixture silages. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 4(2), 191-198.
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2853-2867.
- Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Naylor, R. L., & Ray, D. K. (2018). Future warming increases probability of globally synchronized maize production shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(26), 6644-6649.
- Toker, P., Canci, H., Turhan, I., Isci, A., Scherzinger, M., Kordrostami, M., & Yol, E. (2024). The advantages of intercropping to improve productivity in food and forage production—a review. *Plant production science*, 27(3), 155-169.
- Toruk, F., Gonulol, E., Kayısoglu, B., & Koc, F. (2010). Effects of compaction and maturity stages on sunflower silage quality. *African Journal of Agricultural Research*, 5(1), 055-059.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 99-114.
- Tukey, J. W. (1970). *Exploratory data analysis: Limited preliminary Ed.* Addison-Wesley Publishing Company. ABD.
- TTSM, (2001). *Tarımsal değerleri ölçme teknik talimatı (Ayçiçeği- Helianthus annuus L.)*. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

- TTSM, (2002). *Tarımsal değerleri ölçme teknik talimatı (Soya- Glycine max. (L.) Merrill)*. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- TTSM, (2010). *Tarımsal değerleri ölçme teknik talimatı (Sorgum)*. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- TTSM, (2013). Tohumluk Tescil Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. *Sıcak İklim Tahılları Çeşit Tescil Raporları*. [Erişim: 20.Nisan.2025, <https://www.tarimorman.gov.tr/>]
- TTSM, (2018). *Tarımsal değerleri ölçme teknik talimatı (Mısır-Zea mays L.)*. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- TTSM, (2019). Tohumluk Tescil Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. *IMI Plus Ayçiçeği Tescil Raporu*. [Erişim: 20.Nisan.2025, <https://www.tarimorman.gov.tr/>]
- TÜİK, (2024). Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. [Erişim: 20.Nisan.2025 <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111>]
- Tutar, H., (2021). *Doğu Anadolu Ekolojik Koşullarında Biyoenerji Tarımı ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi; Sorgum & Sudan Otu Melezi ve Dalı Darı Örneği*. (Doktora Tezi), Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bingöl.
- Tutar, H., & Kökten, K. (2023). Bazı sorgum x sudan otu melezi çeşitlerinin silaj kalitesinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12(1), 105-112.
- Uher, D., Svečnjak, Z., Pacanoski, Z., Dujmovićpurgar, D., Kovačević, M., & Horvatić, I. (2022). Influence Of Intercropping Sweet Sorghum With Climbing Bean On Forage Yield And Quality. *Book Of*, 297.
- Urdaz, J. H., Santos, J. E., Jardon, P., & Overton, M. W. (2003). Importance of appropriate amounts of magnesium in rations for dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 222(11), 1518-1523.
- Usman, S., Dele, P. A., Jimoh, S. O., Aderinboye, R. Y., & Olanite, J. A. (2021). Physical, fermentative, and nutritional quality of silages made from three *Sorghum bicolor* varieties as affected by ensiling duration in South-west Nigeria. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 239.
- Ülger, İ., & Kaplan, M. (2016). Yerel Korunga (*Onobrychis sativa*) Popülasyonlarında potansiyel besleme değeri, gaz ve metan üretimi yönünden farklılıklar. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 31(2).
- Waghorn, G. C, Jones, W. T., Shelton, I. D., & McNabb, W.C. (1990). Condensedtannins and the nutritive value of herbage. *In Proceedings of the New Zealand Grassland Association* (pp. 171-176).
- Van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2(7), 494-501.
- Van Dyke, N.J. & Anderson, P.M., (2000). Interpreting a forage analysis. *Alabama cooperative extension*. Circular ANR-890.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, non–starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 71(10):3583-3597.
- Weih, M., Mínguez, M. I., & Tavoletti, S. (2022). Intercropping systems for sustainable agriculture. *Agriculture*, 12(2), 291.
- Velladurai, C., Selvaraju, M., & Napoleon, R. E. (2016). Effects of macro and micro minerals on reproduction in dairy cattle a review. *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol*, 2(1), 68-70.
- Weng Q., Huang X., Xu H., Liu Y., Yuan X., Ma H., Yuan J. & Liu Y., Effects of corn/soybean intercropping model on yield, quality, soil nutrition and rhizosphere microorganisms of

- silage corn. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 35(2), 462.
- Wickham, H. (2016). Getting Started with ggplot2. In *ggplot2: Elegant graphics for data analysis* (pp. 11-31). Cham: Springer International Publishing.
- Wilke & Schaub. (1996). Wilke B. & Schaub D. (1996) Phosphatanreicherung bei bodenerosion. *mitt. deutsche bodenkundl. Gesellsch.* 79, 435-438.
- Wu, P., Fu, X., Wang, H., Hou, M., & Shang, Z. (2021). Effect of silage diet (sweet sorghum vs. whole-crop corn) and breed on growth performance, carcass traits, and meat quality of lambs. *Animals*, 11(11), 3120.
- Xie, J., Wang, L., Li, L., Anwar, S., Luo, Z., Zechariah, E., & Kwami Fudjoe, S. (2021). Yield, economic benefit, soil water balance, and water use efficiency of intercropped maize/potato in responses to mulching practices on the semiarid loess plateau. *Agriculture*, 11(11), 1100.
- Xie, Q., & Xu, Z. (2019). Sustainable agriculture: from sweet sorghum planting and ensiling to ruminant feeding. *Molecular plant*, 12(5), 603-606.
- Venuto, B., & Kindiger, B. (2008). Forage and biomass feedstock production from hybrid forage sorghum and sorghum–sudangrass hybrids. *Grassland science*, 54(4), 189-196.
- Weinberg Z G, Khanal P, Yildiz C, Chen Y, Arieli A. (2010). Effects of stage of maturity at harvest, wilting and LAB inoculant on aerobic stability of wheat silages. *Animal Feed Science Technology*, 158, 29–35.
- Yalçınkaya, M.Y., Baytok, E. & Yörük, M.A. (2012). Değişik meyve posası silajlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 9(2): 95-106
- Yıldırım, İ., Öztürk, Y. E., Kardeş, Y. M., Gülümser, E., & Mut, H. (2021). Aktaş Yoncası (*Melilotus alba* Desr.) Genotiplerinin sekonder metabolit içeriği bakımından değerlendirilmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(3), 524-532.
- Yıldırım, B., & Alatürk, F. (2023). Bazı şeker sorgum ve sorgum-sudan otu melezi çeşitlerinde farklı biçim uygulamalarına göre yaprak ve sapların mineral element içerilerindeki değişimlerin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 443-457.
- Yıldız, C., Öztürk, İ., & Erkmn, Y. (2010). Hasat dönemi, kıyma boyutu ve sıkıştırma basıncının sorgum-sudanotu melezi (*Sorghum sudanense* Staph.) silajının yem niteliği üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 137-143.
- Yıldız, H., İlker, E., & Yıldırım, A. (2017). Bazı silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşit ve çeşit adaylarının verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 81-89.
- Yıldız, C., Ozturk, I., & Erkmn, Y. (2010). Effects of chopping length and compaction values on the feed qualities of sunflower silage. *Scientific Research and Essays*, 5(15), 2051-2054.
- Yıldız, S., & Erdoğan, S. (2018). Van koşullarında yetiştirilen silajlık mısır (*Zea mays* L.) ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nin verim parametreleri ve besin madde kompozisyonuna ait kalite özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 280-285.
- Yılmaz, N., Akman, O., & Aşçı, Ö. Ö. (2020). Bazı silajlık mısır çeşitlerinde (*Zea mays* L.) verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(2), 271-278.
- Yılmaz, N., Akman, O., & Öner F. (2020). Bazı silajlık mısır çeşitlerinde (*Zea mays* L.) bitkisel özelliklerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(1), 103-110.
- Yin, W., Chai, Q., Zhao, C., Yu, A., Fan, Z., Hu, F., ... & Coulter, J. A. (2020). Water utilization in intercropping: A review. *Agricultural Water Management*, 241, 106335.
- Yozgatlı, O., Başaran, U., Gülümser, E., Mut, H., & Doğrusöz, M. Ç. (2019). Yozgat ekolojisinde bazı mısır çeşitlerinin morfolojik özellikleri, verim ve silaj kaliteleri.

- Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 170-177.
- Yücel, C., & Akkaya, M. R. (2022). Mısır ve soyanın farklı karışım oranları ile farklı biçim dönemlerinde yapılan silajlarının fermantasyon özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 730-742.
- Yürekli, S., Altinkaya, T., Karadağ, Y., & Özkurt, M. (2021). Tokat ve Kocaeli ekolojik koşullarında Silajlık mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. *Muş Alparslan University Journal of Agriculture and Nature*, 1(1), 21-38.
- Zaeem M., Nadeem M., Pham TH., Ashiq W., Ali W., Gillani SSM., Moise E., Elavarthi S., Kavanagh V., Cheema M., Galagedara L. & Thomas R. (2021). Corn-soybean intercropping improved the nutritional quality of forage cultivated on podzols in boreal climate. *Plants*, 10(5):1015.
- Zhang, S. J., Chaudhry, A. S., Ramdani, D., Osman, A., Edwards, G. R., & Cheng, L. (2016). Chemical composition and in vitro fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(1), 175-182.
- Zhang, H., Shi, W., Ali, S., Chang, S., Jia, Q., & Hou, F. (2022). Legume/maize intercropping and N application for improved yield, quality, water and n utilization for forage production. *Agronomy*, 12(8), 1777.
- Zhao, M., Feng, Y., Shi, Y., Shen, H., Hu, H., Luo, Y., ... & Fang, J. (2022). Yield and quality properties of silage maize and their influencing factors in China. *Science China Life Sciences*, 65(8), 1655-1666.