

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU ANADOLU EKOLOJİK KOŞULLARINDA BİYOENERJİ
TARIMI VE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ;
SORGUM & SUDAN OTU MELEZİ VE DALLI DARI ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

HALİT TUTAR

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. KAĞAN KÖKTEN**

**İKİNCİ TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. ÖMER EREN**

BİNGÖL-2021



T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



DOĞU ANADOLU EKOLOJİK KOŞULLARINDA BİYOENERJİ TARIMI ve
YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ; SORGUM & SUDAN OTU MELEZİ
ve DALLI DARI ÖRNEĞİ

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN ve Doç. Dr. Ömer EREN danışmanlığında, Halit TUTAR tarafından hazırlanan bu çalışma 30/06/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalı – Tarla Bitkileri Bilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Kağan KÖKTEN	İmza	:
Üye	: Prof. Dr. Nafiz ÇELİKTAŞ	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Veysel TURAN	İmza	:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun// tarih ve/
nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖNSÖZ

Tez çalışması süresince yardımlarını ve bilgi birikimini esirgemeyen, çalışmaların tamamlanabilmesi için gerekli desteği veren değerli danışman hocalarım Prof. Dr. Kağan KÖKTEN ve Doç. Dr. Ömer EREN'e teşekkür ederim. Tez çalışmasına desteklerinden dolayı Bingöl Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve Yunus TANIK Ltd. firmasına teşekkür ederim.

Tez izleme raporlarım esnasında yaptıkları yönlendirmeler ve katkılarından dolayı değerli hocalarım Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN'a ve Doç. Dr. Veysel TURAN'a teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca bilimsel katkıları, tecrübeleri ve desteklerini hiç esirgemeyen Prof. Dr. Nafiz ÇELİKTAŞ, Prof. Dr. Mahmut KAPLAN, Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN, Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN ve Doç. Dr. Şenol ÇELİK hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Lisans öğrenciliğim döneminden itibaren ve doktora sürecinde desteğini esirgemeyen başta Prof. Dr. Ersin CAN hocam olmak üzere Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü'ndeki hocalarıma teşekkür ederim.

Son olarak bende büyük emekleri olan, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve dualarını esirgemeyen anneme, babama ve manevi annem Zehra EREN'e özellikle teşekkürü bir borç bilirim.

Halit TUTAR

Bingöl 2021

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
2.1. Dallı Darı ile İlgili Kaynak Özetleri.....	6
2.2. Sorgum % Sudan Otu Melezi ile İlgili Kaynak Özetleri.....	12
2.3. Tarımsal Yaşam Döngüsü ile İlgili Kaynaklar.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Deneme Alanı.....	19
3.1.1.1. Toprak Özellikleri.....	20
3.1.1.2. İklim Özellikleri.....	20
3.1.2. Tarım Makinaları.....	23
3.1.3. Yakıt Ölçüm Cihazı.....	24
3.1.4. SimaPro Programı.....	24
3.2. Yöntem.....	24
3.2.1. Kültürel Uygulamalar.....	25
3.2.2. Denemede Kullanılan Bitkilerde İncelenen Özellikler.....	29
3.2.2.1. Bitki Boyu (cm).....	29
3.2.2.2. Kardeş Sayısı (adet/bitki)	29

3.2.2.3. Sap/Yaprak Oranı (%).....	29
3.2.2.4. Biyokütle Verimi (kg/da).....	29
3.2.2.5. Kuru Biyokütle Verimi (kg/da).....	30
3.2.2.6. Sap Verimi (kg/da).....	30
3.2.2.7. Sap Özsuğu Miktarı (l/da).....	30
3.2.2.8. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF) Oranı (%).....	30
3.2.2.9. Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) Oranı (%).....	31
3.2.2.10. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lignin (ADL) Oranı (%).....	31
3.2.2.11. Selüloz ve Hemiselüloz Oranı (%).....	32
3.2.2.12. Ham Kül Oranı (%).....	32
3.2.2.13. Biyokütlenin Elementel İçeriğı (%).....	32
3.2.2.14. Biyokütle Isıl Değeri (MJ/kg).....	33
3.2.2.15. Şeker Oranı (%).....	33
3.2.2.16. Etanol Verimi (l/da).....	34
3.2.3. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değeri (TYDD).....	34
3.2.3.1. Amaç ve Kapsam Tanımı.....	34
3.2.3.2. Yaşam Döngüsü Envanteri.....	35
3.2.3.3. Yaşam Döngüsü Etki Değeri.....	36
3.2.3.4. Yorumlama.....	37
3.2.4. Verilerin Değeri.....	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1. Bitki Boyu (cm).....	38
4.1.1. Dallı Darı Bitki Boyu (cm).....	38
4.1.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Bitki Boyu (cm).....	40
4.2. Dallı Darı Kardeş Sayısı (adet).....	42
4.3. Sorgum & Sudan Otu Melezi Sap/Yaprak Oranı (%).....	44
4.4. Biyokütle Verimi (kg/da).....	46
4.4.1. Dallı Darı Biyokütle Verimi (kg/da).....	46
4.4.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütle Verimi (kg/da).....	48
4.5. Dallı Darı Kuru Biyokütle Verimi (kg/da).....	50
4.6. Sorgum & Sudan Otu Melezi Sap Verimi (kg/da).....	52
4.7. Sorgum & Sudan Otu Melezi Sap Özsuğu Verimi (l/da).....	54

4.8. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF) Oranı (%).....	56
4.8.1. Dallı Darı ADF Oranı (%).....	56
4.8.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi ADF Oranı (%).....	57
4.9. Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) Oranı (%).....	59
4.9.1. Dallı Darı NDF Oranı (%).....	59
4.9.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi NDF Oranı (%).....	61
4.10. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lignin (ADL) Oranı (%).....	63
4.10.1. Dallı Darı ADL Oranı (%).....	63
4.10.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi ADL Oranı (%).....	65
4.11. Selüloz Oranı (%).....	67
4.11.1. Dallı Darı Selüloz Oranı (%).....	67
4.11.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Selüloz Oranı (%).....	68
4.12. Hemiselüloz Oranı (%).....	70
4.12.1. Dallı Darı Hemiselüloz Oranı (%).....	70
4.12.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Hemiselüloz Oranı (%).....	72
4.13. Ham Kül Oranı (%).....	74
4.13.1. Dallı Darı Ham Kül Oranı (%).....	74
4.13.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Ham Kül Oranı (%).....	76
4.14. Karbon (C) Oranı (%).....	78
4.14.1. Dallı Darı C Oranı (%).....	78
4.14.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi C Oranı (%).....	80
4.15. Hidrojen (H) Oranı (%).....	82
4.15.1. Dallı Darı H Oranı (%).....	82
4.15.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi H Oranı (%).....	83
4.16. Azot (N) Oranı (%).....	85
4.16.1. Dallı Darı N Oranı (%).....	85
4.16.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi N Oranı (%).....	87
4.17. Kükürt (S) Oranı (%).....	89
4.17.1. Dallı Darı S Oranı (%).....	89
4.17.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi S Oranı (%).....	90
4.18. Oksijen (O ₂) Oranı (%).....	92
4.18.1. Dallı Darı O ₂ Oranı (%).....	92
4.18.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi O ₂ Oranı (%).....	93

4.19. Isıl Değer (MJ/kg).....	95
4.19.1. Dallı Darı Isıl Değeri (MJ/kg).....	95
4.19.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Isıl Değeri (MJ/kg).....	97
4.20. Şeker Oranı (%).....	99
4.20.1. Dallı Darı Şeker Oranı (%).....	99
4.20.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Şeker Oranı (%).....	100
4.21. Etanol Verimi (l/da).....	102
4.21.1. Dallı Darı Etanol Verimi (l/da).....	102
4.21.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Etanol Verimi (l/da).....	104
4.22. Dallı Darı Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	106
4.22.1. Dallı Darı Üretiminin Etki Değerlendirmesi.....	106
4.22.2. Yorumlama.....	111
4.22.2.1. Küresel Etki.....	111
4.22.2.2. Bölgesel Etki.....	113
4.22.2.3. Yerel Etki.....	113
4.23. Sorgum & Sudan Otu Melezi Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi	115
4.23.1. Sorgum & Sudan Otu Melezi Üretiminin Etki Değerlendirmesi....	115
4.23.2. Yorumlama.....	120
4.23.2.1. Küresel Etki.....	120
4.23.2.2. Bölgesel Etki.....	121
4.23.2.3. Yerel Etki.....	122
4.24. Karşılaştırma.....	123
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	125
KAYNAKLAR.....	131
ÖZGEÇMİŞ.....	145

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

kg	Kilogram
l	Litre
da	Dekar
cm	Santimetre
mm	Milimetre
C	Karbon
H	Hidrojen
N	Azot
S	Kükürt
O ₂	Oksijen
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	Selüloz
(C ₅ H ₈ O ₄)	Hemiselüloz
MJ/kg	Megajoule/kilogram
HHV	Üst Isıl Değer
LHV	Alt Isıl Değer
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
ADF	Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif
NDF	Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif
ADL	Asit Deterjanda Çözünmeyen Lignin
DK	Değişim Katsayısı
TYDD	Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
E5, E10, E85	Biyobenzin (%5, 10, 85 etanol+benzin)

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 3.1.	Araştırmada Kullanılan Sorgum&Sudan Otu Melezi Çeşitleri ve Temin Edildikleri Kuruluşlar.....	18
Tablo 3.2.	Araştırmada Kullanılan Dallı Darı Çeşitleri ve Temin Edildikleri Kuruluşlar.....	18
Tablo 3.3.	Deneme Alanına Ait Toprak Özellikleri.....	20
Tablo 3.4.	Bingöl İli Uzun Yıllar İle Deneme Yıllarına (2019-2020) Ait İklim Verileri.....	21
Tablo 3.5.	Tarım Makinalarının Teknik Özellikleri.....	23
Tablo 3.6.	Traktöre Ait Teknik Özellikler.....	23
Tablo 3.7.	Varsayımlar.....	35
Tablo 3.8.	Sorgum & Sudan Otu Melezi ve Dallı Darı Biyokütlelerinin Envanter Verileri.....	36
Tablo 3.9.	Diğer Envanter Verileri.....	36
Tablo 3.10.	CML-IA Baseline Modeline Göre Etki Kategorileri ve Karakterizasyon Birimleri.....	37
Tablo 4.1.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Bitki Boyu İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	38
Tablo 4.2.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Bitki Boyu (cm) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	38
Tablo 4.3.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Bitki Boyu İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	40
Tablo 4.4.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Bitki Boyu (cm) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	40
Tablo 4.5.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kardeş Sayısı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	42
Tablo 4.6.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kardeş Sayısı (adet/bitki) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	42

Tablo 4.7.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap/Yaprak Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	44
Tablo 4.8.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap/Yaprak Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	44
Tablo 4.9.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	46
Tablo 4.10.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	46
Tablo 4.11.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	48
Tablo 4.12.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	48
Tablo 4.13.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kuru Biyokütle Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	50
Tablo 4.14.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kuru Biyokütle Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	50
Tablo 4.15.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	52
Tablo 4.16.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	52
Tablo 4.17.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Özsuyu Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	54
Tablo 4.18.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Özsuyu Verimi (l/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	55
Tablo 4.19.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	56
Tablo 4.20.	Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	56
Tablo 4.21.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	58
Tablo 4.22.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	58

Tablo 4.23. Dallı Darı Çeşitlerine Ait NDF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	60
Tablo 4.24. Dallı Darı Çeşitlerine Ait NDF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	60
Tablo 4.25. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait NDF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	61
Tablo 4.26. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait NDF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	62
Tablo 4.27. Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADL Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	63
Tablo 4.28. Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADL Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	63
Tablo 4.29. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADL Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	65
Tablo 4.30. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADL Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	65
Tablo 4.31. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	67
Tablo 4.32. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	67
Tablo 4.33. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	68
Tablo 4.34. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	69
Tablo 4.35. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	70
Tablo 4.36. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	71
Tablo 4.37. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	72
Tablo 4.38. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	72

Tablo 4.39. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	74
Tablo 4.40. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	74
Tablo 4.41. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	76
Tablo 4.42. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	76
Tablo 4.43. Dallı Darı Çeşitlerine Ait C Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	78
Tablo 4.44. Dallı Darı Çeşitlerine Ait C Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	78
Tablo 4.45. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait C Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	80
Tablo 4.46. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait C Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	80
Tablo 4.47. Dallı Darı Çeşitlerine Ait H Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	82
Tablo 4.48. Dallı Darı Çeşitlerine Ait H Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	82
Tablo 4.49. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait H Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	83
Tablo 4.50. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait H Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	84
Tablo 4.51. Dallı Darı Çeşitlerine Ait N Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	85
Tablo 4.52. Dallı Darı Çeşitlerine Ait N Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	86
Tablo 4.53. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait N Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	87
Tablo 4.54. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait N Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	87

Tablo 4.55. Dallı Darı Çeşitlerine Ait S Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	89
Tablo 4.56. Dallı Darı Çeşitlerine Ait S Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	89
Tablo 4.57. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait S Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	90
Tablo 4.58. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait S Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	91
Tablo 4.59. Dallı Darı Çeşitlerine Ait O ₂ Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	92
Tablo 4.60. Dallı Darı Çeşitlerine Ait O ₂ Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	92
Tablo 4.61. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait O ₂ Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	94
Tablo 4.62. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait O ₂ Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	94
Tablo 4.63. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Isıl Değerleri İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	96
Tablo 4.64. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Isıl Değerleri (MJ/kg)) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	96
Tablo 4.65. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Isıl Değerleri İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	97
Tablo 4.66. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Isıl Değerleri (MJ/kg) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	98
Tablo 4.67. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Şeker Oranı (%) İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	99
Tablo 4.68. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Şeker Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	99
Tablo 4.69. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Şeker Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	101
Tablo 4.70. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Şeker Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	101

Tablo 4.71. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Etanol Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	103
Tablo 4.72. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Etanol Verimi (l/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	103
Tablo 4.73. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Etanol Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları.....	104
Tablo 4.74. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Etanol Verimi (l/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar.....	105
Tablo 4.75. Dallı Darı 1 kg _{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri.....	107
Tablo 4.76. Dallı Darı 1 kg _{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri.....	110
Tablo 4.77. Sorgum & Sudan Otu Melezi 1 kg _{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri.....	115
Tablo 4.78. Sorgum & Sudan Otu Melezi 1 kg _{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri.....	119

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Sorgum & Sudan Otu Melezi ve Dallı Darı Tohumları	18
Şekil 3.2.	Deneme Alanı	19
Şekil 3.3.	Yakıt Ölçer.....	24
Şekil 3.4.	SimaPro 8.0.5.13 Analyst Programı.....	24
Şekil 3.5.	Sorgum & Sudan Otu için Deneme Deseni.....	25
Şekil 3.6.	Dallı Darı için Deneme Deseni.....	25
Şekil 3.7.	Toprak İşleme.....	26
Şekil 3.8.	Ekim/Dikim.....	26
Şekil 3.9.	Çapalama.....	27
Şekil 3.10.	Sulama Sistemleri.....	27
Şekil 3.11.	İnsektisit İlacı.....	28
Şekil 3.12.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Hasadı.....	28
Şekil 3.13.	Dallı Darı Hasadı.....	29
Şekil 3.14.	Flash 2000 CHNS/O Analyzer.....	33
Şekil 3.15.	Sorgum & Sudan Otu Melezi İçin Tanımlanan Sistem Sınırı.....	35
Şekil 3.16.	Dallı Darı İçin Tanımlanan Sistem Sınırı.....	35
Şekil 4.1.	Dallı Darı Çeşitlerinin Bitki Boyu (cm) Değişim Grafiği.....	39
Şekil 4.2.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Bitki Boyu (cm) Değişim Grafiği.....	41
Şekil 4.3.	Dallı Darı Çeşitlerinin Kardeş Sayısı (adet) Değişim Grafiği.....	43
Şekil 4.4.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Sap/Yaprak Oranı (%) Değişim Grafiği.....	45
Şekil 4.5.	Dallı Darı Çeşitlerinin Biyokütle Verimi (kg/da) Değişim Grafiği.....	47
Şekil 4.6.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Biyokütle Verimi (kg/da) Değişim Grafiği.....	49
Şekil 4.7.	Dallı Darı Çeşitlerinin Kuru Biyokütle Verimi (kg/da) Değişim Grafiği.....	51

Şekil 4.8.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Sap Verimi (kg/da) Değişim Grafiği.....	53
Şekil 4.9.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Sap Özsuyu Verimi (l/da) Değişim Grafiği.....	55
Şekil 4.10.	Dallı Darı Çeşitlerinin ADF Oranı (%) Değişim Grafiği.....	57
Şekil 4.11.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin ADF Oranı (%) Değişim Grafiği.....	58
Şekil 4.12.	Dallı Darı Çeşitlerinin NDF Oranı (%) Değişim Grafiği.....	60
Şekil 4.13.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin NDF Oranı (%) Değişim Grafiği.....	62
Şekil 4.14.	Dallı Darı Çeşitlerinin ADL Oranı (%) Değişim Grafiği.....	64
Şekil 4.15.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin ADL Oranı (%) Değişim Grafiği.....	66
Şekil 4.16.	Dallı Darı Çeşitlerinin Selüloz Oranı (%) Değişim Grafiği.....	67
Şekil 4.17.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Selüloz Oranı (%) Değişim Grafiği.....	69
Şekil 4.18.	Dallı Darı Çeşitlerinin Hemiselüloz Oranı (%) Değişim Grafiği.....	71
Şekil 4.19.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Hemiselüloz Oranı (%) Değişim Grafiği.....	73
Şekil 4.20.	Dallı Darı Çeşitlerinin Ham Kül Oranı (%) Değişim Grafiği.....	75
Şekil 4.21.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Ham Kül Oranı (%) Ait Değişim Grafiği.....	77
Şekil 4.22.	Dallı Darı Çeşitlerinin C Oranlarına (%) Ait Değişim Grafiği.....	79
Şekil 4.23.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin C Oranı (%) Değişim Grafiği.....	81
Şekil 4.24.	Dallı Darı Çeşitlerinin H Oranı (%) Değişim Grafiği.....	82
Şekil 4.25.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin H Oranı (%) Değişim Grafiği.....	84
Şekil 4.26.	Dallı Darı Çeşitlerinin N Oranı (%) Değişim Grafiği.....	86
Şekil 4.27.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin N Oranı (%) Değişim Grafiği.....	88
Şekil 4.28.	Dallı Darı Çeşitlerinin S Oranı (%) Değişim Grafiği.....	89

Şekil 4.29.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin S Oranı (%) Değişim Grafiği.....	91
Şekil 4.30.	Dallı Darı Çeşitlerinin O ₂ Oranı (%) Değişim Grafiği.....	93
Şekil 4.31.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin O ₂ Oranı (%) Değişim Grafiği.....	94
Şekil 4.32.	Dallı Darı Çeşitlerinin Isıl Değeri (MJ/kg) Değişim Grafiği.....	96
Şekil 4.33.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Isıl Değeri (MJ/kg) Değişim Grafiği.....	98
Şekil 4.34.	Dallı Darı Çeşitlerinin Şeker Oranı (%) Değişim Grafiği.....	100
Şekil 4.35.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Şeker Oranı (%) Değişim Grafiği.....	101
Şekil 4.36.	Dallı Darı Çeşitlerinin Etanol Verimi (l/da) Değişim Grafiği.....	103
Şekil 4.37.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Etanol Verimi (l/da) Değişim Grafiği.....	105
Şekil 4.38.	YDD Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerlerinin %'lik Olarak Karşılaştırılması.....	107
Şekil 4.39.	YDD Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerlerinin Etki Kategorileri Bazında Karşılaştırılması.....	111
Şekil 4.40.	Dallı Darı Biyokütlesi Üretiminde Küresel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı.....	112
Şekil 4.41.	Dallı Darı Biyokütlesi Üretiminde Bölgesel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı.....	113
Şekil 4.42.	Dallı Darı Biyokütlesi Üretiminde Yerel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı.....	114
Şekil 4.43.	YDD Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerlerinin %'lik Olarak Karşılaştırılması.....	115
Şekil 4.44.	YDD Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerlerinin Etki Kategorileri Bazında Karşılaştırılması.....	119
Şekil 4.45.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütlesi Üretiminde Küresel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı.....	120
Şekil 4.46.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütlesi Üretiminde Bölgesel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı.....	121

Şekil 4.47.	Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütlesi Üretiminde Yerel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı.....	122
Şekil 4.48.	Her İki Biyokütle Üretiminin Karşılaştırılması (Karakterizasyon).....	123
Şekil 4.49.	Her İki Biyokütle Üretiminin Karşılaştırılması (Normalleştirme).....	123

DOĞU ANADOLU EKOLOJİK KOŞULLARINDA BİYOENERJİ TARIMI VE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ; SORGUM & SUDAN OTU MELEZİ VE DALLI DARI ÖRNEĞİ

ÖZET

Bu araştırma, sorgum & sudan otu melezi ve dallı darı bitki türlerinin Doğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında biyoenerji bitkisi olarak yetiştirilme potansiyelleri ve yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) amacıyla 2019 ve 2020 yıllarında Bingöl'de yürütülmüştür.

Araştırmada; Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve özel kuruluşlardan temin edilen 10 farklı sorgum & sudan otu melezi ile 5 farklı dallı darı çeşidi, tesadüf blokları deneme deseninde incelenmiştir. Her iki türün üretimindeki çevresel etkiler, yaşam döngüsü değerlendirme yöntemine göre saptanmıştır. Çevresel etki kategorileri CML-IA Baseline modeline göre SimaPro 8.0.5.13 Analyst programı ile değerlendirilmiştir.

Dallı darı türünde; bitki boyu 157,3-200,1 cm, biyokütle verimi 845-1756 kg/da, ısıl değer 17,02-17,99 MJ/kg arasında değişim göstermiştir. C, H, N, S, O₂ içerikleri sırasıyla %42,66-45,21, %5,55-5,92, %0,71-1,11, %0,019-0,025 ve %47,83-51,06 olarak tespit edilmiştir. Biyoetanol verimi ise 147,2-409,7 l/da arasında bulunmuştur. Sorgum & sudan otu melezi türünde; bitki boyu 219,5-282,8 cm, biyokütle verimi 3527-5954 kg/da, sap özsuyu verimi 1054,9-2139,3 l/da, ısıl değer 17,12-17,75 MJ/kg arasında saptanmıştır. C, H, N, S, O₂ içerikleri sırasıyla %41,54-43,52, %5,72-6,01, %0,50-0,91, %0,013-0,016 ve %49,67-51,63 olarak tespit edilmiştir. Biyoetanol verimi ise 77,9-150,5 l/da arasında bulunmuştur.

Küresel ısınma değeri; dallı darı ve sorgum & sudan otu melezi için sırası ile tarımsal yaşam döngüsü değerlendirmesine göre 0,240 kg CO₂-eş/kg_{biyokütle} ve 0,195 kg CO₂-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Yaşam döngüsü etki değerlendirmesine göre, her iki biyokütle üretiminin deniz canlıları ekotoksitesini olumsuz yönde etkiledikleri saptanmıştır. Her iki bitki türünün biyokütle üretimi amacıyla tarımında sulama uygulamalarının çevresel etkileri arttırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sorghum bicolor* & *Sorghum sudanense* stapf, *Panicum virgatum* L., biyokütle, biyoetanol, biyoenerji tarımı, yaşam döngüsü değerlendirmesi

EVALUATION OF BIOENERGY FARMING AND LIFE CYCLE ASSESSMENT IN EASTERN ANATOLIAN ECOLOGICAL CONDITIONS; CASE STUDY OF SORGHUM SUDAN GRASS HYBRID AND SWITCHGRASS

ABSTRACT

This research was carried out in Bingöl in 2019 and 2020 for the purpose of life cycle assessment (LCA) and cultivation potential of sorghum & sudangrass hybrid and switchgrass plant species as a bioenergy plant in ecological conditions of the Eastern Anatolia Region.

In the study, 10 different sorghum & sudan grass hybrids and 5 different switchgrass cultivars that supplied by the Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry Variety Registration and seed Certification Center, Selçuk University Faculty of Agriculture and private institutions were examined in a randomized block design. Environmental effects in the production of both species were determined according to the life cycle assessment method. Environmental impact categories were evaluated with SimaPro 8.0.5.13 Analyst program according to the CML-IA Baseline model.

In switchgrass type, plant height, biomass yield, and heating value varied between 157.3-200.1 cm, 845-1756 kg/da and 17.02-17.99 MJ/kg, respectively. C, H, N, S, O₂ contents have been identified as 42.66%-45.21%, 5.55%-5.92%, 0.71-1.11%, 0.019-0.025%, and 47.83-51.06%, respectively. The bioethanol yield was found to be between 147.2 and 409.7 l/da. In sorghum & sudan grass hybrid type, plant height was 219.5-282.8 cm, biomass yield was between 3527-5954 kg/da, stem juice yield was between 1054.9-2139.3 l/da and heating value was between 17.12-17.75 MJ/kg. C, H, N, S, O₂ contents have been identified as 41.54%-43.52%, 5.72%-6.01%, 0.50-0.91%, 0.013-0.016% and 49.67-51.63%, respectively. Bioethanol yield was found between 77.9-150.5 l/da.

Global warming value, according to the agricultural life cycle assessment for switchgrass and sorghum & sudan grass hybrid was 0.240 kg CO₂-eq/kg_{biomass}, and 0.195 kg CO₂-eq/kg_{biomass}, respectively. According to the life cycle impact assessment, it was determined that both biomass production negatively affected on marine aquatic ecotoxicity. It has been determined that irrigation implementation in farming of both plant species for the purpose of biomass production increase environmental impacts.

Keywords: *Sorghum bicolor* & *Sorghum sudanense* stapf, *Panicum virgatum* L., biomass, bioethanol, bioenergy farming, life cycle assessment

1. GİRİŞ

Dünyada ülkeler arasında ekonomik ve sosyal gelişimin temel ve belirleyici göstergelerinden birisi enerji kullanımı olarak görülmektedir. Enerjinin ucuz, temiz, kesintisiz ve güvenli olması sosyo ekonomik olarak kalkınmanın en temel gereksinimlerden birisidir (İnsanların toplumsal yaşamlarını sürdürebilmeleri için enerjinin üretimi, dönüşümü ve tüketimi en önemli girdilerden birisidir). Konut, sanayi, ulaştırma ve ticarethane alt sektörlerinde kullanılmakta olan enerji, hemen hemen tüm süreçlerde vazgeçilmez girdi olarak önemli bir yer tutmaktadır (TP 2019). Bugün dünyada tüketilen enerji, çok sayıda enerji kaynağından elde edilirken petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklar, bu kaynakların %81,1'ini oluşturmaktadır (IEA 2020).

Nüfus artışı ve endüstriyel ilerlemenin hızlı bir şekilde gelişmesiyle beraber dünyada enerji kullanımı da artmaktadır. 2018 yılı verilerine göre dünyada enerji kullanım miktarı 14,4 milyar ton eşdeğer petrol (TEP) olarak hesaplanmıştır. Bu kullanılan enerjinin %81,1'ini fosil yakıtlar (petrol, kömür, doğalgaz vb.) oluşturmaktadır. Türkiye'de ise 2018 yılı verilerine göre enerji kullanım miktarı 147,5 milyon TEP olarak hesaplanmıştır. Bu kullanılan enerjinin de yaklaşık %86,2'si fosil yakıtlardan (44,2 milyon TEP kömür, 41,9 milyon TEP petrol ve 41,0 milyon TEP doğal gaz) oluşmaktadır (IEA 2020).

Dünya genelinde ve ülkemizdeki veriler göz önüne alındığında fosil yakıtlara bağımlılık benzerlik göstermektedir. Fosil yakıtlara böyle yüksek oranda bağımlılık, fosil yakıt rezervlerinin hızla tüketilmesine neden olacaktır. Ön görülebilir bir gelecekte hem petrol hem de doğal gaz rezervlerinin muhtemelen tükeneceği düşünülmektedir. Nitekim British Petrol (2018)'ün yayınladığı rapora göre kömürün 114, doğalgazın 53 ve petrolün 51 yıl içinde tükeneceği tahmin edilmektedir.

Enerji kaynaklarının tükenmesine ek olarak mevcut enerji kaynaklarının yarattığı çevresel problemler de bir başka sorun alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların başlıcaları:

İklim değışikliği, karbon salınımı, CO₂ ve benzeri diğer zehirli gazların sera etkisi yaratmasıyla küresel ısınmanın ortaya çıkması, SO_x ve NO_x salınımları sonucu oluşan asit yağmurları, insan sağlığını olumsuz etkilemesi, ozon tabakasındaki tahribat ve bitkilerin hasar görmesi olarak ifade edilmektedir (TASAM 2006).

Kullanılmakta olan enerji kaynaklarının çoğu yenilenemeyen fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Gelecekte fosil kaynaklı enerji kaynaklarının çevresel kaygıları ve tüketim sorunları nedeniyle, alternatif enerji kaynakları ile ilgili araştırmalara yönelik çalışmalar artmaktadır. Bu araştırmaların temel amacı ekolojik dengeyi gözeten, çevre dostu, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarını keşfetmek ve bunlardan yararlanmaktır.

Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları su, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütleden oluşmaktadır (Kavruk ve Atalay 2007). Biyokütle; bitkiler ile tarımsal atıklardan elde edilen, temiz, kolay temin edilebilen, sürdürülebilir, çevre dostu gibi önemli avantajlara sahip olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Kaplukan 2014). Bu alternatif enerji kaynakları içerisinde biyokütleden üretilen biyoyakıtlar ön plana çıkmaktadır (Gross et al. 2003). 2018 yılı verilerine göre dünya enerji arzının %14,0'ı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilirken biyokütle bu oranın %67,5'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de ise enerji arzının %13,4'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilirken biyokütle bu oranın %15,5'ini oluşturmaktadır (IEA 2020).

Tarımsal ürünlerin, odunun, hayvansal, bitkisel ve kentsel atıkların çeşitli biyokimyasal ve/veya termokimyasal dönüşüm süreçlerinden geçirilmesiyle elde edilen gaz, sıvı ve katı ürünlerinden elde edilen yakıtlar biyoyakıtlar olarak adlandırılır. Birçok çeşitliliği olmakla beraber biyoetanol, biyodizel, biyogaz, biyometanol ve biyohidrojen en önemli olanlarıdır (Demirbaş 2007). Biyoetanölün benzine eşdeğer yanma enerjisi ve motor teknolojisine uygunluğu olduğundan enerji ve ulaşım sektöründe büyük bir paya sahip olacağı tahmin edilmektedir (Demirbaş 2009).

Biyoetanol, şeker veya nişasta özlü tarımsal ürünlerin var olan nişastanın şekere dönüşümünden ve şekere uygulanan mayalanma işlemi yani fermantasyonu ile elde edilen ve benzinle belirli oranlarda harmanlanarak kullanılan alternatif bir yakıttır (Öztürk 2012). Biyoetanölün elde edilebildiği başlıca hammadde kaynakları: Şeker kamışı, şeker pancarı, sorgum, dallı darı, miscanthus, mısır, patates, buğday ve tarımsal

atıklardır. Bunlardan mısır, şeker kamışı vb. bitkiler, büyük oranda gıda için yetiştirildiğinden mevcut enerji taleplerini karşılayamayacak durumdadır. Bu nedenle Ratnavathi et al. (2011) tarafından alternatif enerji bitkileri üzerine araştırma yapılması önerilmektedir.

Alternatif ve yenilenebilir olan biyoetanolün temiz, düşük maliyet, üretim kolaylığı olması ve fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması gibi birçok avantajı vardır (Melikoğlu ve Albostan 2011). 2017 yılı verilerine göre biyoetanol üretim miktarı 85,1 milyar litre, biyodizel üretim miktarı ise 36,1 milyar litre ve diğer sıvı biyoyakıtlar (hidrojenize bitkisel yağ) 16,8 milyar litre olmak üzere dünya toplam sıvı biyoyakıt üretimi 138 milyar litre olarak gerçekleşmiştir (World Bioenergy 2019). Türkiye’de ise 2017 yılında 165 milyon litre biyoetanol ve 108 bin ton biyodizel üretilmiştir (Anonim 2018). Demirbaş (2008) ve Gökçöl vd. (2009), Türkiye’nin yıllık biyokütle enerjisi potansiyelini tek yıllık bitkilerden 14,9 milyon TEP, orman artıklarından 5,4 milyon TEP, çok yıllık bitkilerden 4,1 milyon TEP, tarım endüstrisi atıklarından 3,0 milyon TEP, odun endüstrisi atıklarından 1,8 milyon TEP, hayvansal ve diğer atıklardan 2,8 milyon TEP olmak üzere toplam 32,0 milyon TEP olarak hesaplamışlardır.

Enerji bitkileri; çevre dostu, yenilenebilir ve değişik ekolojik koşullar altında yetişebilen enerji kaynaklarıdır. Dallı darı, miscanthus gibi çok yıllık buğdaygiller, tek yıllık bitkilere göre daha yüksek biyokütle, düşük girdi gereksinimleri ve uzun süre yaşamlarını devam ettirebilmelerinden dolayı biyokütle enerjisinde öncelikli olarak tercih edilmektedir (Lewandowski et al. 2003a,b; Wrobel et al. 2009). Bu bitkiler gelişmiş kök sistemleri sayesinde tek yıllık bitkilere göre toprakta 20 30 kat daha fazla karbon birikimine yol açarak toprakların organik madde düzeylerini artırmakta, hem de karbon salınımını azaltmaktadırlar (Wrobel et al. 2009; Don et al. 2012).

Yüksek biyokütle verimi, geniş adaptasyon kabiliyeti ve marjinal alanları değerlendirebilme yeteneği ile Kuzey Amerika orijinli bitki olan dallı darı, ABD Enerji Bakanlığı tarafından model enerji bitkisi olarak seçilmiştir (Heaton et al. 2004; Wright ve Turhollow 2010). Ayrıca uzun yıllar yüksek biyokütle verimi alınabilmesi, gübre ve pestisit isteklerinin az olması, su baskını ve kuraklığa dayanıklı olması, toprağı organik madde yönünden zenginleştirmesi ve kuvvetli bir kök sistemine sahip olması gibi üstün tarımsal özelliklerinin olması dallı darıyı ön plana çıkarmaktadır (Keshwani ve Cheng

2009). *Panicum* cinsine ait bir tür olan dallı darı, yayla ve ova olmak üzere iki farklı ekotipi vardır (Lewandowski et al. 2003b).

Sorgum ile sudan otu melezlemesi sonucu ortaya çıkan sorgum - sudan otu melezi; geniş adaptasyon kabiliyetli, şekerce zengin saplı ve yüksek biyokütle verimine sahip olmasından dolayı enerji bitkisi potansiyeli olan bir bitki türüdür. Sorgum - sudan otu melezi düşük su ve gübre isteği olmasından dolayı marjinal alanlarda yetiştirilebilir. Şeker pancarı yetiştirilen alanlarda hastalık ve zararlıların azaltılması amacıyla da kullanılabilir (Akdoğan 2004; Avcıoğlu vd. 2009; Erdurmus vd. 2018).

Avrupa Birliği'nin 2003/30 sayılı kararı ile AB ve aday ülkelerinde 2020 yılına kadar, ulaşımında kullanılan yakıtın %5,75'inin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması zorunlu hale getirilmiştir (EU 2003). Oluşacak bu talebin karşılanmasında en büyük pay biyoetanole ait olacağı fikri iyice yaygınlaşmaya başlamıştır. Bundan dolayı E85 (%85 etanol+%15 benzin) yakıtının kullanımı konusundaki Ar-Ge çalışmalarına başlanmıştır (RFA 2012). AB'ye aday ülke konumunda olan Türkiye'nin yakıtta E5 (%5 etanol+%95 benzin) karışım oranını uygulaması durumunda oluşacak biyoetanol talebinin bugünkü kullanım oranı ile yaklaşık 240 milyon litre/yıl olacağı hesaplanmaktadır (Melikoğlu ve Albostan 2011).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından 07/07/2012 tarih ve 28346 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan “Benzin Türlerine Etanol Harmanlanması Hakkında Tebliğ” ile, piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içeriğinin 01/01/2013 tarihi itibarıyla en az %2, 01/01/2014 tarihi itibarıyla ise en az %3 olmasının zorunlu hale getirilmiştir (EPDK 2012). Mevcut fosil yakıt sıkıntısına ek olarak gelecekte önemli bir biyoetanol açığı da ortaya çıkacağı öngörülmektedir.

Dallı darı, *mischantus*, tatlı sorgum, sorgum - sudan otu melezi vb. bitkiler biyoetanölün elde edilmesinde önemli hammadde kaynaklarıdır. Ülkemizde ortaya çıkacak bu biyoetanol açığının kapatılabilmesine katkı vermesi amacıyla yürütülen bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Bingöl ili ekolojik koşullarında bazı dallı darı ve sorgum - sudan otu melezi çeşitlerinin biyokütle verimi, etanol verimi ve ısı değerleri gibi parametrelerin incelenmesi ile enerji bitkisi olma potansiyelleri tüm yönleriyle araştırılmıştır. Böylece bölge ve benzer ekolojik koşullar açısından enerji bitkisi olarak

kullanmaya en uygun çeşit veya çeşitler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca toprağın işlenmesinden ürünün hasat edilmesine kadar geçen süreçteki tarımsal üretim sistemindeki girdilerin çevreye etkileri, tarımsal yaşam döngüsü değerlendirme (TYDD) yönteminden faydalanılarak tespit edilmiş ve gerekli önlemlerin alınması konusunda bilgilendirme yapılmaya çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Dallı Darı ile İlgili Kaynak Özetleri

Dallı darı türünün morfolojik özellikleri ve yetiştiği ekolojiye bağlı olarak lowland (ova tipi) ve upland (yayla tipi) olmak üzere iki ekotipi mevcuttur. Ova tipi olanların genellikle çayırılık, sulak alanların kenarlarında bulunduğu ve yayla tipine göre daha uzun ve daha çok kardeşlendiği ve daha hızlı geliştikleri ifade edilmiştir (Moser ve Vogel 1995).

Yayla tipleri ince saplı ve yarı yatık formunda olup yüksek ve yağışın sınırlı olduğu kurak bölgelerde bulunurlar. Ova tiplerinin ise enerji bitkisi olarak değerlendirilmesinin daha uygun olduğu ifade edilmiştir (Hultguist et al. 1996).

Dallı darı genotipleri arasında farklı ploidy seviyeleri tespit edilmiş olsa da genellikle ova tiplerin $2n=4x=36$ kromozomlu tetraploid bireyler oldukları ve yayla tiplerin ise hem tetraploid ancak yoğun olarak $2n=8x=72$ kromozomlu oktoploid yapılı oldukları bildirilmiştir (Lu et al. 1998).

Dallı darı çeşitlerinin biyoenerji ve hayvan besleme bakımından yüksek yapısal karbonhidrat içerik konsantrasyonuna, düşük kül ve lignin oranına sahip olmaları istenir. Külü, atık madde oluşturması ve biyokütle kazanlarını kirletmesi nedeniyle zararlıdır. Lignin ise fermentasyon süresince parçalanmadığı için düşük oranda olması gerektiği ifade edilmiştir (Miles et al. 1996).

Mineral madde, kül, nem ve hücre duvarı kompozisyonuyla birlikte lignin, selüloz ve hemiselüloz içeriği biyokütlenin kalite ölçütleridir. Biyokütlenin enerji kaynağı olarak aktif ve kaliteli bir şekilde kullanılabilmesi için nem, mineral ve kül içeriklerinin minimum düzeyde olması gerektiği, selüloz ve hemiselüloz içeriklerinin ise ısı değeri arttırdığından dolayı yüksek olması gerektiği ifade edilmiştir (Lewandowski ve Kicherer 1997).

Kanada'nın Montreal bölgesinde 2 yıllık olarak 3 farklı dallı darı çeşidi ile yürütülen çalışmada, kuru madde verimlerinin 10,6-2,2 t/ha arasında elde edildiği bildirilmiştir (Madakadze et al. 1998).

Dallı darı bitkisiyle ilgili yapılan bir çalışmada, lignin oranının %5-20, selüloz oranının %30-50, hemiselüloz oranının %10-40 arasında olduğu ve üst ısı değeri 17,4 MJ/kg olarak tespit edildiği bildirilmiştir (McKendry 2002).

ABD'nin güneyinde 1998-2001 yılları arasında 20 farklı dallı darı ekotipiyle yapılan çalışmada; ortalama olarak biyokütle veriminin 9,0 t/ha, bitki boyunun 140 cm, NDF'nin %73,1, ADF'nin %42,1, lignin oranının %6,1, hemiselüloz oranının %31,6, selüloz oranının %36,1, kül oranının %6,1 ve toplam azotun %0,54 civarında bulunduğu bildirilmiştir (Lemus et al. 2002).

Amerika Birleşik Devletleri'nde biyoenerji üretimi amacıyla 7 farklı lokasyonda dallı darı türü ile yapılan araştırmada; en düşük kuru madde verimi 4,5 t/ha, en yüksek kuru madde verimi ise 15,1 t/ha olduğu tespit edilmiştir (Walsh et al. 2003).

1998-2001 yılları arasında İtalya'nın güneyinde 15 farklı dallı darı çeşidinin (yayla ve ova tipi) adaptasyon ve veriminin belirlenmesi amacıyla yürütülen araştırmada; bitki boyu ortalama olarak 2. yıl 91,5 cm, 3. yıl 150,5 cm ve 4. yıl 173,5 cm, kuru madde verimi ise ortalama olarak 1. yıl 2,19 t/ha, 2. yıl 7,14 t/ha, 3. yıl 12,36 t/ha ve 4. yıl 10,27 t/ha olduğu tespit edilmiştir (Sharma et al. 2003).

Akdeniz iklim koşullarında dallı darı, miskantus, kargı kamışı türlerinin kül oranlarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, elle hasat edilen dallı darıda kül oranı değerlerinin %5,15-5,67, makine ile hasat edilende ise %6,95-22,03 arasında olduğu bildirilmiştir (Coulsun et al. 2004).

İtalya'nın Bologna bölgesinde 2002-2004 yıllarında 7 farklı dallı darı genotipinde biyokütle veriminin ortalama 9,4-25,1 t/ha, kuru madde veriminin ortalama 7,3-14,4 t/ha, azot oranının ortalama %0,64-0,89 ve kül oranının ortalama %4,4-6,1 arasında olduğu bildirilmiştir (Grigatti et al. 2004).

Amerika Birleşik Devletleri'nin 5 eyaletinde (North Carolina, Kentucky, Tennessee, Virginia ve West Virginia) 8 farklı lokasyonda ova ve yayla dallı darı ekotiplerinin biyokütle verimini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, yayla dallı darı ekotiplerinden ortalama 12.6 t/ha, ova dallı darı ekotiplerinden ise ortalama 15.8 t/ha kuru madde verimi elde edilmiştir (Fike et al. 2006).

Hidrojen (H), oksijenin (O) ve karbonun (C)'un katı yakıtlarda brüt ısı değeri belirleyen en önemli içerikler olduğu, hidrojenin (H) ise net ısı değeri arttırdığı ifade edilmiştir (Obernberger et al. 2006).

İtalya ve Yunanistan'da 16 farklı dallı darı çeşidi ile 5 yıl yürütülen araştırmada; çeşitlerin bitki boyu 185 cm'lik en yüksek ortalama ile 2.yılda Yunanistan'da, 173 cm ile 3.yılda İtalya'da saptanmıştır. 5. yılda bitki boyunda yaklaşık %30-33 oranında düşüş meydana geldiği ifade edilmiştir. Çalışmanın sonucunda en yüksek kuru madde verimi Yunanistan'da ortalama 17,1 t/ha, İtalya'da ise 20 t/ha olarak elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek kuru madde veriminin 3. büyüme sezonu sonunda elde edildiği, bu yıldan sonra ise verimlerin azaldığı tespit edilmiştir (Alexopoulou et al. 2008).

ABD'nin Illinois bölgesinin kuzey, güney ve merkez olmak üzere 3 farklı lokasyonunda 2004-2006 yılları arasında yürütülen çalışmada, dallı dalı türünde kuru madde veriminin 3 yıllık ortalama olarak kuzeyde 7,8-8,1 t/ha, merkezde 13,0-19,8 t/ha ve güneyde 6,7-8,7 t/ha arasında olduğu bildirilmiştir (Heaton et al. 2008).

Dallı darı türlerinin biyokütle kalitesini araştırmak amacıyla yapılan araştırmada; uçucu madde oranının %71,5, kül oranının %3,7, lignin oranının %6,1, hemiselüloz oranının %36, selüloz oranının %31,6, N oranının %0,6 ve S oranının %0,04 olduğu tespit edilmiştir (Karp ve Shield 2008).

Güney Avrupa iklim koşullarında yürütülen çalışmada, ova (Alamo ve SL 93-3) ve yayla (Trailblazer ve Shawnee) dallı darı çeşitlerinin tekli hasatta kuru madde veriminin 9,2-17,2 t/ha, ikili hasatta kuru madde veriminin 9,3-21,0 t/ha, kül içeriğinin ise ortalama %3,2 olarak elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca tekli hasatta biyokütle veriminin önemli miktarda düşmesine rağmen, yüksek biyokütle kalitesi sağladığından dolayı tekli hasadın tercih edilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır (Monti et al. 2008).

Kuzey Çin'in yarı kurak bir bölgesinde 5 potansiyel enerji bitkisinde gecikmeli hasadın yakıtın kalitesini artırıp arttırmadığını araştırmak amacıyla yapılan çalışmada; dallı darı türünde kalorifik değerinin 16,50-17,42 MJ/kg, kül oranının %3,48-5,69, C oranının %46,51-46,88, H oranının %6,03-6,07 ve N oranının %0,24-0,60 arasında olduğu saptanmıştır (Xiong et al. 2008).

Biyokütlenin önemli kalite ölçütlerinden biri olan kül oranı, ısı değeri direk etkilemesi ve biyoreaktörün tabanında mucur, tortu oluşumu ve aşınmalara sebep olmasından dolayı düşük oranda olması gerektiği bildirilmiştir (Prochnow et al. 2009).

Dallı darı türünün ısı değeri 18.3 MJ/kg, kül oranı %4,5-5,8 ve sülfür içeriği %0,12, selüloz oranı %45, hemiselüloz oranı %31,4 ve lignin oranı %12 olarak saptanmıştır. Dallı darıdan elde edilen bu değerler; biyoenerji amaçlı kullanılan pek çok türe kıyasla daha üstün olduğu bildirilmiştir (Gupta ve Demirbaş 2010).

Konya ekolojik koşullarında bazı dallı darı çeşitlerinin adaptasyonu ve fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmada, 2. yıl verilerine göre; çiçeklenme sürelerinin 93-131 gün, bitki boyunun 156-203 cm, biyokütle veriminin 4839-8814 kg/da, kuru madde verimlerinin 1682-3142 kg/da ve kuru madde oranının %31,26-35,65 arasında olduğu ifade edilmiştir (Şeflek 2010).

Yunanistan ekolojik koşullarında dallı darı bitkisinde farklı sulama ve gübrelemenin biyokütle verimine etkisini belirlemek amacıyla 3 yıllık yürütülen araştırmada, sulama seviyelerinin kuru madde verimi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu saptanırken, gübrelemenin ise önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Araştırma sonucunda kuru madde veriminin 2. ve 3. yılda birbirine benzer olduğu (15,4-24 t/ha), uçucu madde oranının %70-85, kalorifik değerinin 24-26 MJ/kg, kül içeriğinin %1,8-10 arasında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca elementel (CHNSO) analiz sonuçlarına göre; C oranının %41,1-46,0, H oranının %6,3-6,6, N oranının %0,10-0,69, S oranının %0,02-0,07 ve O oranının %41,4-45,8 arasında olduğu saptanmıştır (Vamvuka et al. 2010).

Dünya petrol rezervlerinin hızla tükenmeye başlamasından dolayı biyoyakıtlara olan eğilim artmaktadır. İnsan ya da hayvan gıdası olmayacak bitkilerin yetiştirilebilme olanağı ve marjinal alanların değerlendirilebilecek olmasından dolayı lignoselülozik biyokütlenin önem kazandığı belirtilmiştir (Abideen et al. 2011).

Dallı darı çeşidi olan Alamo ile farklı lokasyonlarda yapılan araştırmalarda artan N dozlarında verimde bazı farklılıklar oluşmuş, ancak 135 kg/ha dozundan sonra yapılan artışların verimde önemli bir farklılık oluşturmadığı, hatta 225 kg/ha uygulamasında verimde azalma tespit edildiği ifade edilmiştir. Ekolojik koşullara bağlı olarak, çiçeklenme ve tohum olgunlaştırma dönemleri olmak üzere dallı darı bitkisinden yılda iki biçim yapılmasının mümkün olduğu ve biyokütle veriminin tek biçime kıyasla daha fazla gerçekleştiği, böyle bir uygulama ile dallı darının erken dönem biçiminin yem ve geç dönem hasadının ise biyoyakıt amaçlı değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Guretzky et al. 2011).

ABD'nin Güneydoğu Georgia bölgesinde 4 yıl boyunca yapılan çalışmada dallı darıdan 4 yılın ortalaması olarak; kuru madde verimini 8,6 t/ha, kül oranını %2,31-2,82 ve azot oranını %0,21 olarak tespit edilmiştir (Knoll et al. 2012).

Fermente olabilir şeker kaynağı olan selüloz ve hemiselülozun lignoselülozik çatı içerisinde bulundukları, parçalanması zor olan ligninin bu polisakkaritlerin enzimatik hidroliz ile indirgen şekerlere dönüşümünü etkileyerek, monosakkaritlere parçalanmalarını engellediği, dolayısıyla biyokütle dönüşüm oranının lignin miktar ve kompozisyonuna bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Petersen et al. 2012).

Dallı darı verim potansiyelini ortaya koymak amacıyla 9 farklı çeşit ile yürütülen araştırmada, 2. yıl kuru madde veriminin 3,4-15,8 t/ha ve 3. yıl kuru madde veriminin ise 11,0-25,8 t/ha arasında olduğu tespit edilmiştir (Soylu 2012).

ABD'nin Kuzey Dakota bölgesinde yürütülen bir çalışmada, dallı darı tarımı için en uygun ekim derinliğinin 13 mm ve ekim sıklığının 175 bitki/m² olduğu bildirilmiştir (Berti ve Johnson 2013).

ABD Tennessee şartlarında bir dallı darı bitkisinde hasat öncesi, hasat zamanı ve sonrasında biyokütlede yapılan analizlerde, normal hasat zamanı olan ocak ayında %65,6–66,7 olan toplam karbonhidrat ve %21,7–23,2 olan lignin içeriğinin en yüksek seviye olduğu, su ve alkol ekstrakt içeriklerinin erken hasatta %15,9–16,6 iken şubat sonuna geciktirilmiş hasat örneklerinde hızlı bir düşüşle %5,5–5,8 oranlarına gerilediği saptanmıştır. Araştırmacılar çalışmanın yürütüldüğü ekolojik koşullarda, yüksek etanol dönüşümünü ve düşük engelleyici metabolit oranı sağlayabilmek amacıyla geç sonbahar

veya erken kış dönemlerinin ideal hasat zamanı olduğunu bildirmişlerdir (Lindsey et al. 2013).

Dallı darı bitkisinin Alamo çeşidi kullanılarak yapılan bir çalışmada, biyokütle verimi 15,4 t/ha, biyoetanol verimi 2172 kg/ha, selüloz oranı %30,3, hemiselüloz oranı %19,8, lignin oranı %19,6 ve kül oranı %4,0 olarak bulunmuştur. Kimyasal kompozisyon içerikleri ise C, H, N, O sırasıyla olmak üzere %44,0, %6,01, %0,67, %45,3 ve üst ısı değerini 17,7 MJ/kg olarak tespit edilmiştir (Hu et al. 2017).

Çin'deki yaklaşık 59 milyon hektar marjinal arazinin dallı darı ekimine uygun olduğu ve bu arazilerden 22 milyon ton etanol üretilebileceği ifade edilmiştir. Buna ek olarak, Çin'deki marjinal arazilerin tamamı kullanılabilirse $1,75 \times 10^6$ milyon MJ potansiyel net enerji kazancı (NEG) elde edilebileceği ve Yunnan Eyaleti, toplam alanın %35'ini oluşturan en önemli yer olduğu ifade edilmiştir (Zhang et al. 2017).

Dallı darı biyokütlesinden biyoetanol üretiminde, enzim dozu etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, Shawne çeşidinde; hemiselüloz %34,76, selüloz %33,13, lignin %5,57, C %40,13, H %5,75 ve N %0,87 oranlarında saptanırken, kükürt içeriğinin ise tespit edilemediği bildirilmiştir. Kanlow çeşidinde ise hemiselüloz oranının %36,24, selüloz oranının %35,94, lignin oranının %5,42, C oranının %41,95, H oranının %6,14, N oranının %0,35 olarak saptandığı ve S oranının ise tespit edilemediği bildirilmiştir (Başar vd. 2020).

Dünyada dallı darı tarımının potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada, dallı darı için uygun çevre şartlarını sağlayan mevcut marjinal arazi kaynaklarının dünya çapında yaygın olarak dağıldığını ortaya koymaktadır. Dünya genelinde dallı darı yetiştiriciliğinin mümkün olduğu potansiyel marjinal arazi miktarının 2229,80 milyon hektar olduğu ifade edilmiştir. Afrika, 750,87 milyon hektar ile dallı darı tarımı potansiyeli olan en büyük marjinal arazi alanına sahip olup, onu Güney Amerika 490,59 milyon hektar ve Okyanusya 480,14 milyon hektar ile takip etmektedir. Kuzey Amerika'nın potansiyel marjinal arazi alanı yaklaşık 297,50 milyon hektardır. Asya'daki potansiyel marjinal arazi kaynağı ise 142,09 milyon hektardır. Avrupa'nın ise 68,61 milyon hektarla minimum marjinal araziye sahip olduğu bildirilmiştir (Fan et al. 2020).

Yarı kurak marjinal arazide yem ve enerji için yetiştirilen dallı darı bitkisinin azot, fosfor ve potasyuma tepkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, NPK, PK, NK ve NP şeklinde gübre uygulaması yapılmıştır. Azotun dallı darı üretiminde en belirleyici faktör olduğu, potasyum ve fosforun ise dallı darıdan elde edilecek yem ve biyoenerji ürünlerinin kalitesinde dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir. NPK uygulamasında etanol verimleri 2015 yılında 2532 l/ha ve 2016 yılında 2797 l/ha olarak tespit edilmiştir (Tang et al. 2020).

2.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi ile İlgili Kaynak Özetleri

İkinci nesil biyoetanol üretimi için selülozik hammaddelerin karşılaştırmasını yapmak amacıyla yürütülen çalışmada sorgum samanında; selüloz oranı %32,4, hemiselüloz oranı %27, toplam şeker 54,1 g/l ve şeker geri kazanım oranı %91 olarak saptanmıştır. Ayrıca şeker içeriklerinden glikoz 27 g/l, ksiloz 22 g/l ve arabinoz 5,1 g/l olarak tespit edilmiştir (Jeon et al. 2010).

ABD'nin Kansas eyaletinde 2 farklı lokasyonda tatlı sorgum bitkisiyle yürütülen araştırmanın, Riley lokasyonunda özsuyu şeker miktarı 4435,7 kg/ha, şeker verimi 7696,0 kg/ha, tane verimi 1499,6 kg/ha, toplam kuru biyokütle miktarı 24366 kg/ha iken Doniphan lokasyonunda özsuyu şeker miktarı 5179 kg/ha, şeker verimi 8458,0 kg/ha, tane verimi 2105,3 kg/ha ve toplam kuru biyokütle miktarı 26344 kg/ha olarak belirlenmiştir (Wu et al. 2010).

Meksika'nın kuzeydoğusunda 3 tatlı ve 2 yemlik olmak üzere 5 sorgum çeşidiyle yürütülen çalışmada, sorgum özsuyunda bulunan en önemli şeker içeriklerinin glikoz, sakaroz ve fruktoz olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada; etanol veriminin 720,2¹051,5 l/ha, özsuyu miktarının 15000-28300 l/ha, toplam şekerin 70,3-112,9 g/l ve şeker veriminin ise 1383,6-2029,8 kg/ha arasında olduğu bildirilmiştir (Davila-Gomez et al. 2011).

ABD'nin Güneydoğu ve Ortabatı eyaletlerinde yetişen 2 tatlı sorgum bitkisinin etanol veriminin araştırılması amacıyla yapılan çalışmada, özsuyu şeker miktarının 140-148 g/l arasında olduğu, şeker içeriğinin ise sakaroz 83-89 g/l, glikoz 31-44 g g/l ve fruktoz 20-21 g/l arasında olduğu bildirilmiştir. Ayrıca araştırmacılar etanol veriminin 1537-2273 l/ha arasında olduğunu saptamışlardır (Imam ve Capareda 2011).

18 farklı tatlı sorgum genotipiyle yapılan çalışmada bitki boyu 221,4-302,8 cm ve biyokütle verimi 25,3-42,3 t/ha olarak elde edilmiştir (Ratnavathi et al. 2011).

Gelecek vaat eden biyoyakıt türlerinden olan biyoetanol; yüksek oktan sayısı, yüksek buharlaşma ısı ve en önemlisi sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır. Biyoetanol, şeker ve nişasta bakımından zengin mahsullerden veya lignoselülozik biyokütleden ekstrakte edilen şekerlerin mikrobiyal fermentasyonu ile yapılır (Faraco 2013).

Nijerya'nın Kano ve Kaduna bölgelerinde 2 farklı sorgum çeşidinin (SSV2 ve KSV8) kullanıldığı çalışmada, her iki bölge için; posa verimi 29,31-39,72 t/ha, sap suyu verimi 23304-25596 l/ha, toplam nişasta 0,37-0,97 g/l, toplam protein 1,03-1,82 g/l ve toplam şeker 65,81-161,50 g/l olarak elde edilmiştir. Ayrıca şeker içeriği ise sakaroz 36,41-113,93 g/l, glikoz 19,73-32,07 g/l ve fruktoz 9,67-15,50 g/l olarak tespit edilmiştir (Nasidi et al. 2013).

Tropikal Hindistan ekolojik koşullarında 16 farklı tatlı sorgum genotipiyle yapılan araştırmada, ortalama bitki boyu 330 cm, sırasıyla en düşük ve en yüksek sap verimi, biyokütle verimi, tane verimi, toplam şeker verimi ve biyoetanol verim değerleri; 29,4-46,5 t/ha, 39,0-67,0 t/ha, 1,1-2,2 t/ha, 1,6-2,5 t/ha ve 925-1440 l/ha olarak elde edilmiştir (Rao et al. 2013).

Üç yıl boyunca (2009-2010-2011) 5 farklı tatlı sorgum çeşidiyle yürütülen araştırma sonucuna göre 2009 yılında; tane verimini 67-1468 kg/ha, yaprak kuru madde ağırlığı 4314-6553 kg/ha, sap verimi 25,8-29,9 Mg/ha, şeker verimi 1282-1537 kg/ha ve etanol verimi 745-893 l/ha, 2010 yılında; tane verimi 105-1351 kg/ha, yaprak kuru madde ağırlığı 3640-16830 kg/ha, sap verimi 20,9-53,8 Mg/ha, şeker verimi 916-2443 kg/ha ve etanol verimi 532-1419 l/ha, 2011 yılında; tane verimi 108-708 kg/ha, yaprak kuru madde ağırlığı 5786-10398 kg/ha, sap verimi 26,4-51,0 Mg/ha, şeker verimi 1212-2658 kg/ha ve etanol verimi 704-1544 l/ha olarak tespit edilmiştir (Rutto et al. 2013).

Hindistan'da 2008, 2009 ve 2010 yıllarında tatlı sorgum bitkisi ile yürütülen araştırmada; bitki boyu 186,4 cm, sap verimi 38,8 Mg/ha, özsu miktarı 13,77 Mg/ha, etanol verimi 921,0 l/ha ve tane verimi 2,02 Mg/ha olarak elde edilmiştir (Sawargaonkar et al. 2013).

Azotlu gübrenin sorgumda sap ve biyoetanol verimi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla 4 farklı doz (0-100-200-300 kg/ha) üre uygulanmıştır. Çalışma sonunda, en yüksek bitki boyu 186,5 cm, en yüksek gövde çapı 12,65 mm, en yüksek sap verimi 30,91 t/ha, en yüksek biyoetanol verimi 4424 l/ha ve toplam şeker oranı %12,06 olarak bulunmuştur. En düşük sap verimi 12,15 t/ha ve en düşük biyoetanol verimi ise 2423 l/ha olarak tespit edilmiştir. En yüksek değerlerin 300 kg üre kg/ha uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir. Çalışma sonunda azotlu gübrelemenin sap ve biyoetanol verimi üzerinde önemli etkisi olduğu ifade edilmiştir (Usofzadeh et al. 2013).

Dört farklı sorgum çeşidinden biyoetanol üretimi için hammadde sağlanması amacıyla yapılan çalışmada; selüloz oranı %37,35-42,37, hemiselüloz oranı %22,05-23,92, lignin oranı %17,92-19,65, kül oranı %5,96-7,40 ve nem oranı %4,28-9,50 arasında saptanmıştır. Ayrıca sırasıyla en yüksek ve en düşük şeker miktarı 47/100 g, 36/100 g olarak elde edilmiştir (Mehmood et al. 2014).

Biyoetanol üretimi için kullanılan 5 çeşit sorgum bitkisiyle yürütülen araştırmada, verim, şeker ve lif içerikleri incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre; sap biyokütle verimi 61,9-80,0 t/ha, özsu miktarı verimi 16,4-24,5 t/ha, posa verimi 37,8-57,9 t/ha, toplam şeker oranı %11,26-19,12, şeker içerikleri; sakaroz %9,6-17,6, glikoz %0,6-1,6 ve fruktoz %0,3-1,0 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca selüloz oranının %20,8-26,1, hemiselüloz oranının %11,7-17,2, lignin oranının %5,1-11,3 ve nem oranının %16,2-19,8 arasında olduğu bildirilmiştir (Khalil et al. 2015).

Üç çeşit tatlı sorgum bitkisi kullanılarak yapılan çalışmada etanol veriminin 8300-10500 l/ha ve özsuunda toplam şekerin 140-170 g/l arasında olduğu tespit edilmiştir (Castro et al. 2017).

Çin'deki marjinal topraklarda tatlı sorgumdan potansiyel biyoetanol üretiminin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmada, Çin'de tatlı sorgum ekimine uygun marjinal arazi varlığının yaklaşık 49,65 milyon ha olduğu, bu topraklarda 13,57 milyon tondan fazla tatlı sorgum yetiştirilebileceği ve 847,81 bin ton etanol üretilebileceği bildirilmiştir (Jiang et al. 2019).

Ana ve ikinci ürün olarak yetiştirilen 3 farklı sorgum çeşidinin biyokütlesinden biyoetanol üretmek amacıyla yapılan 3 yıllık bir araştırma sonucuna göre; ana ürün ekiminde selüloz oranının %29,4-%35,6, hemiselüloz oranının %21,2-%34,0 ve lignin oranının %18,2-%20,9 arasında olduğu, ikinci ürün olarak ekimde ise selüloz oranının %21,9-%32,69 hemiselüloz oranının %25,7-%41,2 ve lignin oranının %16,8-%21,5 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek etanol veriminin 1.yıl 13,432 m³ ve ikinci yıl ise 13,985 m³ olarak Sucrosorgo 506 çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir (Batog et al. 2020).

Yarı kurak Akdeniz koşullarında farklı tatlı sorgum çeşitlerinin biyoetanol verim potansiyelinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, lignoselülozik etanol veriminin 2141-5410 l/ha, lignin içeriğinin %8,9-12,2, selüloz oranının %35,0-43,9, hemiselüloz oranının %21,5-24,8 arasında olduğu tespit edilmiştir. Yarı kurak Akdeniz koşullarında M81-E tatlı sorgum çeşidinin en yüksek toplam etanol miktarına sahip olması sebebiyle biyoetanol üretimi için en uygun çeşit olduğu ifade edilmiştir (Nazlı 2020).

2.3. Tarımsal Yaşam Döngüsü ile İlgili Kaynaklar

Çevresel ve sürdürülebilir bir gelişme için en az seviyede olması istenen salınımların, ekolojik etkilerinin hesaplanabilmesi için günümüzde yeni bir çevresel etki değerlendirme sistemi olan yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yönteminden faydalanılmaktadır. Yaşam döngüsü, bir ürünün üretim hammaddesinin çıkarılmasından, kaynakların kullanılacağı zamana kadar geçen süreçtir (Paulsen 2001).

Tarımsal aktivitelerden dolayı oluşan çevresel problemler genel olarak altı kategoride gruplandırılmaktadır. Bunlar; 1) Enerji tüketimi ile ilgili etkiler; küresel ısınma, asit yağmurları vb., 2) Yüzey ve yer altı sularının kirlenmesi; nitratlar, pestisitler vb., 3) Kimyasal kullanımı ile ilgili zehirli etkiler, 4) Toprak kalitesinin bozulması; kirlilik, erozyon vb., 5) Su azalması ve 6) İşlenen alanlarda biyolojik canlılığın azalmasıdır (Canals 2003).

Pelet halindeki dallı darı bitkisinin kömüre %10 oranında katılması ile oluşturulan yakıtın küresel ısınma değerinin saf kömür veya saf dallı darı pelletlerinden daha avantajlı olduğu (50,4 g CO₂-eş/kWh) hesaplanmıştır (Qin et al. 2006).

Dallı darı orjinli biyoetanol ile fosil kaynaklı yakıtların sera gazı salınımlarının yaşam döngüsü değerlendirmesi incelendiğinde, biyoetanölün %85 oranında daha az salınım saldığı saptanmıştır (Adler et al. 2007).

Yaşam döngüsü dallı darı gibi yem bitkilerinden selülozik hammadde üretimi ve bunların ikinci kuşak enerji bitkisi olarak kullanımının avantaj ve dezavantajları açısından da yoğun olarak araştırılmaktadır (Sanderson ve Adler 2007).

Davis et al. (2009), biyoetanol üretim süreci yaşam döngüsü değerlendirmesinde, farklı biyokütlelerden üretilen tüm biyoyakıtların, sera gazı salınımlarında net bir azalma olduğunu bildirirken; Kalita (2012), dallı darı enerji bitkisi üretimi için bu salınımları 190-204 CO₂-eş/ton olarak hesaplamış ve bu orandaki en büyük payın gübre kullanımından (%61-66) kaynaklandığını saptamıştır.

Çok yıllık enerji bitkileri için YDD yönteminin uygulanabilirliğini ele alan bir araştırmada; dallı darı enerji bitkisi yetiştiriciliğinin abiyotik bozunma, stratosferdeki ozon azalması, iklim değışikliği, ötrofikasyon potansiyeli, asitleşme potansiyeli, kara canlılarının zehirlenmesi faktörleri üzerinde pozitif etkiler oluşturduğu, buğday-mısır üretim sistemine kıyasla çevresel etkinin ortalama %50-60 azaldığı ortaya konulmuştur (Monti et al. 2009).

Şili koşullarında enerji bitkileri olarak ayçiçeğı ve kolza tohumunun yaşam döngüsü değerlendirilmesi sonucunda, kolza tohumunun ayçiçeğinden daha iyi bir çevre profiline sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayçiçeğı, 1,2 ve 39 kat daha yüksek değerlerle, değerlendirilen 11 etki kategorisinin 9'unda daha yüksek etkiye sahip bulunmuştur. Enerji çıktı / girdi oranı olarak ölçülen mahsulün enerji verimliliğı, kolza tohumu için 5,0 ve ayçiçeğı için 3,5 değeri elde edilmiştir. Kolza tohumu yetiştiriciliğı, ayçiçeğine kıyasla daha iyi çevre ve enerji profiline sahip olduğu bildirilmiştir. Su talebi değerlendirildiğinde, ayçiçeğı üretimi için su ayak izi 160,000 kg/t tohum olup, kolza tohumunun ihtiyacı olan sudan 4 kat fazla olduğu tespit edilmiştir (Iriarte et al. 2010).

Tarımsal aktiviteler insan ihtiyaçlarının karşılanmasının dışında çevreye zarar veren salınımlar da oluşturmakta ve bu salınımlar, çeşitli çevresel problemlere sebep olarak, ekosistemi olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Eren ve Öztürk 2012).

Çin'de tatlı sorgum sapından biyoetanol üretiminin net enerji oranı 1,56 ve net enerji kazancı 8,37 MJ/l olarak tespit edilmiştir. Yaşam döngüsü analizi yöntemiyle insan toksisitesi en önemli olumsuz çevresel etki olarak bulunmuş, ardından ötrofikasyon ve asitlenme gelmiştir. Biyoetanol dönüşüm ünitesindeki buhar üretimi, toplam insan toksisitesi ve asitleşme potansiyeline sırasıyla %82,28 ve %48,26 katkıda bulunmuştur. Tarım arazilerindeki gübre kaybı, toplam ötrofikasyon potansiyelinin %67,23'ünü temsil ettiği ifade edilmiştir (Wang et al. 2014).

Çin'de yaklaşık 59 milyon hektar marjinal arazinin dallı darı ekimine uygun olduğu ve bu araziden 22 milyon ton etanol üretilbileceği, buna bağlı olarak biyoetanolün toplam çevresel etki indeksinin yaklaşık 20.300 kişilik bir popülasyona eşdeğer olduğu ve küresel ısınma potansiyelindeki (GWP) azalmanın en önemli çevresel etki olduğu bildirilmiştir (Zhang et al. 2017).

Çin'de tatlı sorgum yetiştiriciliğine uygun marjinal araziler hesaplanmış, biyoetanol üretiminin mekansal dağılımı, yaşam döngüsü enerji verimliliği ve çevresel etkileri analiz edilmiştir. Sonuç olarak çevresel etki değerlendirmesi toplam çevresel etki endeksinin 249,923.06 (nüfus eşdeğerleri) olduğu, küresel ısınma potansiyelinin de en önemli çevresel etki kategorisi olduğu bildirilmiştir (Jiang et al. 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bitkisel materyal, 10 sorgum & sudan otu melezi ve 5 dallı darı çeşidinden oluşmuştur. Denemede kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitleri ile temin edildikleri kurum ve kuruluşlar Tablo 3.1’de, dallı darı çeşitleri ise Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırmada Kullanılan Sorgum&Sudan Otu Melezi Çeşitleri ve Temin Edildikleri Kuruluşlar

Sıra	Çeşit Adı	Temin Edilen Kuruluş
1	Aneto	Semillas Fito Tohumculuk Tarım San. Tic. A.Ş.
2	Greengo	Ulusoy Tohumculuk A.Ş.
3	Jumbo	Tarım ve Orman Bakanlığı, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü
4	Master BMR	Tarım ve Orman Bakanlığı, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü
5	Nutri Honey	Alfa Tohum Tarım Gıda İnş. Hayv. Paz. San. Tic. Ltd. Şti.
6	Nutrima	Agrovizyon Tohumculuk Tarım San. Tic. Ltd. Şti.
7	Sugar Graze II	Ulusoy Tohumculuk A.Ş.
8	Supergraze 1000	Maro Tarım A.Ş.
9	Süper Su 22	Biotek Tohumculuk Tarım Ürünleri Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.
10	Tonka	Polen Tohumculuk A.Ş.

Tablo 3.2. Araştırmada Kullanılan Dallı Darı Çeşitleri ve Temin Edildikleri Kuruluşlar

Sıra	Çeşit Adı	Ekotip	Temin Edilen Kuruluş
1	Alamo	Lowland (Ova)	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Konya
2	Cave in Rock	Upland (Yayla)	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Konya
3	Cloud Nine	Upland (Yayla)	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Konya
4	Kanlow	Lowland (Ova)	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Konya
5	Shawnee	Upland (Yayla)	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Konya



Sorgum & sudan otu melezi tohumu

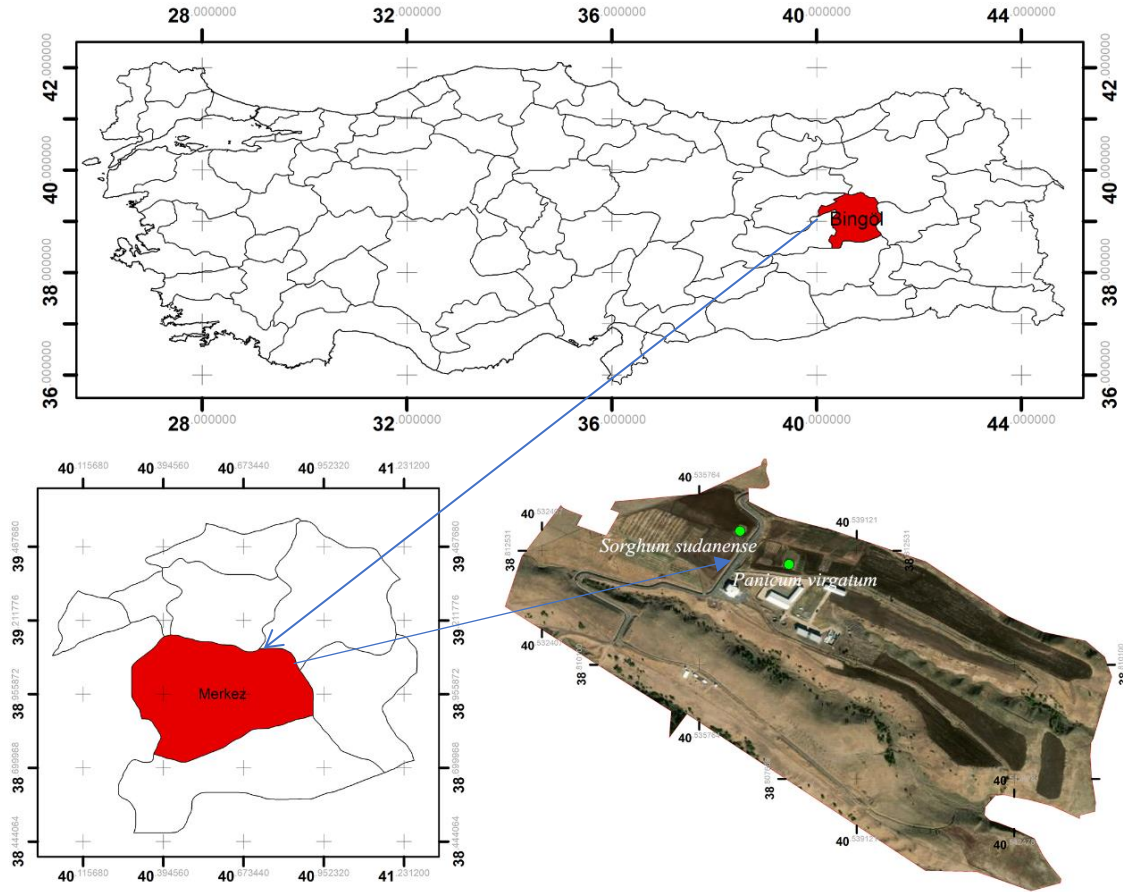


Dallı darı tohumu

Şekil 3.1. Sorgum & Sudan Otu Melezi ve Dallı Darı Tohumları

3.1.1. Deneme Alanı

Tarla denemeleri, Bingöl İl Merkezine 10 km uzakta bulunan Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi arazisinde (Şekil 3.2) ve 2019-2020 yılları arasında 2 yıl süresince yürütülmüştür. Araştırma yapılan alanın deniz seviyesinden yüksekliği 1100-1150 m arasındadır.



Şekil 3.2. Deneme Alanı

Sorghum & sudan otu melezi denemesinin kurulduğu alanın koordinatları 38°48'46,77" K - 40°32'11,40" D, dallı darı denemesi ise 38°48'44,28" K - 40°32'14,11" D arasında yer almaktadır.

3.1.1.1. Toprak Özellikleri

Araştırma alanı toprak özelliklerini belirlemek amacıyla, tüm alanı temsil edecek şekilde 0-30 cm derinliğinden alınan toprak numunelerinin analizleri T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Laboratuvarı'nda yaptırılmış olup, sonuçlar Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Deneme Alanına Ait Toprak Özellikleri

Toprak Tekstürü	Suyla Doygunluk (%)	EC (%)	pH	Kireç (%)	Organik Madde (%)	P ₂ O ₅ (kg/da)	K ₂ O (kg/da)
Killi Tınlı	54	0,0248	6,14	-	1,89	3,60	37,0

Deneme alanı toprağı, Kurucu vd. (1990) tarafından bildirilen sınıflandırmaya göre 'killi-tınlı' bir tekstüre sahiptir. Toprak pH'sı, Saatçı vd. (1983) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre 'hafif asidik' yapıdadır. Deneme toprağı Richards (1954)'e göre 'tuzsuz' sınıfındadır. Kireç durumu; Evliya (1964)'ya göre yapılan sınıflandırmada 'kireçsiz' olarak tespit edilmiştir. Ülgen ve Yurtsever (1974)'in sınıflandırmasına göre deneme alanı toprağı organik madde bakımından 'az' olarak değerlendirilmiştir. Pizer (1967)'in yaptığı sınıflandırmaya göre deneme alanının toprağı fosfor (P) ve potasyum (K) içeriğı yönünden zayıf olduğu belirlenmiştir.

3.1.1.2. İklim Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara (2019, 2020) ve uzun yıllara ait (1961-2018) iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Bingöl İl Müdürlüğü (2021)'nden temin edilmiş ve Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Bingöl İli Uzun Yıllar İle Deneme Yıllarına (2019-2020) Ait İklim Verileri

Bingöl	Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)			Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)			Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)			Nispi Nem Ortalaması (%)			Toplam Yağış (mm)			Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)		
	Uzun Yıllar	2019	2020	Uzun Yıllar	2019	2020	Uzun Yıllar	2019	2020	Uzun Yıllar	2019	2020	Uzun Yıllar	2019	2020	Uzun Yıllar	2019	2020
Aylar																		
Ocak	-2,5	-1,0	0,4	-5,9	-3,8	-2,9	2,1	2,7	5,1	73,1	79,0	65,2	136,0	212,6	81,4	3,3	2,4	4,2
Şubat	-1,1	0,4	0,8	-5	-3,2	-2,7	3,7	5,5	5,2	71,4	74,2	67,0	135,2	115,8	102,5	4,4	4,4	3,1
Mart	4,2	5,0	7,5	0,1	1,0	3,4	9,4	10,3	13	66,3	68,0	69,1	125,6	121,7	265,8	4,9	4,1	4,0
Nisan	10,9	9,3	11,4	5,7	5,1	6,0	16,5	14,8	17,8	61,8	70,0	60,5	115,0	183,0	134,0	5,5	3,6	5,3
Mayıs	16,0	18,3	16,9	10,1	11,0	10,6	22,8	25,5	23,6	57,3	49,3	55,6	77,2	75,5	138,8	7,0	7,8	6,9
Haziran	21,9	24,6	22,4	14,7	17,1	15,1	29,3	32,0	29,9	44,3	37,8	40,6	22,1	3,6	10,0	9,1	8,1	8,2
Temmuz	26,6	26,2	27,0	18,9	18,7	19,9	34,5	33,7	35,0	36,4	31,8	35,3	7,5	0,5	5,7	9,4	9,1	8,6
Ağustos	26,4	27,3	26,5	18,6	19,9	19,4	34,6	35,1	34,5	36,0	30,5	29,9	4,7	4,6	0,6	9,0	8,9	9,1
Eylül	21,2	21,6	24,0	13,5	14,3	16,4	29,7	29,6	33,1	41,7	34,3	32,3	12,6	0,0	1,2	8,1	7,6	8,0
Ekim	14,1	16,4	17,1	8,2	10,2	9,8	21,5	24,8	26,2	58,4	49,8	36,3	69,5	30,0	0,0	6,0	6,3	7,2
Kasım	6,6	8,0	8,5	2,1	2,0	4,0	12,5	15,9	14,6	67,2	52,1	59,7	106,6	19,2	56,2	4,4	5,9	4,5
Aralık	0,6	4,3	3,1	-2,8	1,3	0,6	5,0	8,8	8,7	73,5	75,2	72,0	138,2	187,0	43,0	3,1	2,9	5,0
Ort./Top	12,0	13,3	13,8	6,5	7,8	8,2	18,4	19,8	20,5	57,2	54,3	51,9	950,2	953,5	839,2	74,2	71,1	74,2

Denemenin yürütüldüğü Bingöl İli, sorgum & sudan otu melezi vejetasyon dönemi olan haziran-eylül aylarına ait minimum ve maksimum sıcaklıkların 2019 yılında ortalama 17,5-32,6 °C, 2020 yılında 17,7-33,1 °C, vejetasyon döneminin uzun yıllar minimum ve maksimum sıcaklık ortalaması ise 16,4-32,0 °C olduğu saptanmıştır. Dallı darının ekim dönemi mayıs ayı olup hasat kasım ayında yapılmıştır. Vejetasyon döneminde minimum ve maksimum sıcaklıkların 2019 yılında ortalama 13,3-28,0 °C, 2020 yılında 13,6-28,1 °C olduğu, vejetasyon döneminin uzun yıllar minimum ve maksimum sıcaklık ortalaması ise 12,3-26,4 °C olduğu saptanmıştır. Her iki bitkinin 2019-2020 ve uzun yıllar vejetasyon dönemlerinde minimum ve maksimum sıcaklıkları bakımından önemli bir fark olmadığı görülmektedir (Tablo 3.4).

Sorgum & sudan otu melezi 2019 ve 2020 yılları haziran-eylül aylarına ait ortalama sıcaklığın her iki yılda 24,9 °C olduğu ve uzun yıllar ortalama sıcaklığının ise 24,0 °C olduğu görülmektedir. Denemenin yürütüldüğü yıllar ile uzun yıllar sıcaklık ortalamasının birbirlerine çok benzer olduğu görülmektedir. Dallı darının ise 2019 ve 2020 yılları mayıs-kasım aylarına ait ortalama sıcaklığın her iki yılda 20,3 °C olduğu ve uzun yıllar ortalama sıcaklığının ise 19,0 °C olduğu görülmektedir. Denemenin yürütüldüğü yıllar ile uzun yıllar sıcaklık ortalamasının birbirlerine çok benzer olduğu görülmektedir. Bölgeye bakıldığında yıllık sıcaklık ortalaması 2019 yılı için 13,3 °C, 2020 yılı için 13,8 °C ve uzun yıllar için 12,0 °C saptanmış olup, uzun yıllara göre ortalama 1,5 °C'lik bir artış gözlenmiştir (Tablo 3.4).

Sorgum & sudan otu melezi vejetasyon dönemi olan haziran-eylül aylarına ait toplam yağışın 2019 yılında 8,7 mm, 2020 yılında 17,5 mm ve uzun yıllar 46,9 mm olduğu görülmektedir. Denemenin yürütüldüğü yıllara ait vejetasyon döneminde, uzun yıllara göre yağışın özellikle 2019 yılında çok az olduğu görülmektedir. Bu döneme ait ortalama nispi nemin 2019 yılında %33,6, 2020 yılında %34,5 ve uzun yıllar %39,6 olduğu görülmektedir. Nispi nem oranında denemenin yürütüldüğü dönem ile uzun yıllar arasında önemli bir fark görülmemiştir. Dallı darı vejetasyon dönemi olan mayıs-kasım aylarına ait toplam yağışın 2019 yılında 133,4 mm, 2020 yılında 212,5 mm ve uzun yıllar 300,2 mm olduğu görülmektedir. Bu döneme ait ortalama nispi nemin 2019 yılında %40,8, 2020 yılında %41,3 ve uzun yıllar %48,7 olduğu görülmektedir. Nispi nem oranında denemenin yürütüldüğü dönem ile uzun yıllar arasında önemli bir fark görülmemiştir (Tablo3.4).

Yağış miktarının yıl içinde düzensiz dağılması, vejetasyon dönemlerinde yağış miktarının azalmasıyla beraber kuraklığın belirtileri görülmeye başlanmıştır.

Sorgum & sudan otu melezi 2019 ve 2020 yılları haziran-eylül aylarına ait ortalama güneşlenme süresinin her iki yılda 8,4 saat olduğu ve uzun yıllar ortalama güneşlenme süresinin ise 8,9 saat olduğu görülmektedir. Dallı darının ise 2019 ve 2020 yılları mayıs-kasım aylarına ait ortalama güneşlenme süresinin 2019'da 7,6 saat ve 2020'de 7,5 saat, uzun yıllar ortalama güneşlenme süresinin ise 7,5 saat olduğu görülmektedir (Tablo 3.4).

3.1.2. Tarım Makinaları

Tarımsal üretim amacı ile araştırma kapsamında kullanılan tarım makinaları ve teknik özellikleri Tablo 3.5'te verilmiştir. Tablo 3.6'da de bu işlemlerde kullanılan traktörün teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.5. Tarım Makinalarının Teknik Özellikleri

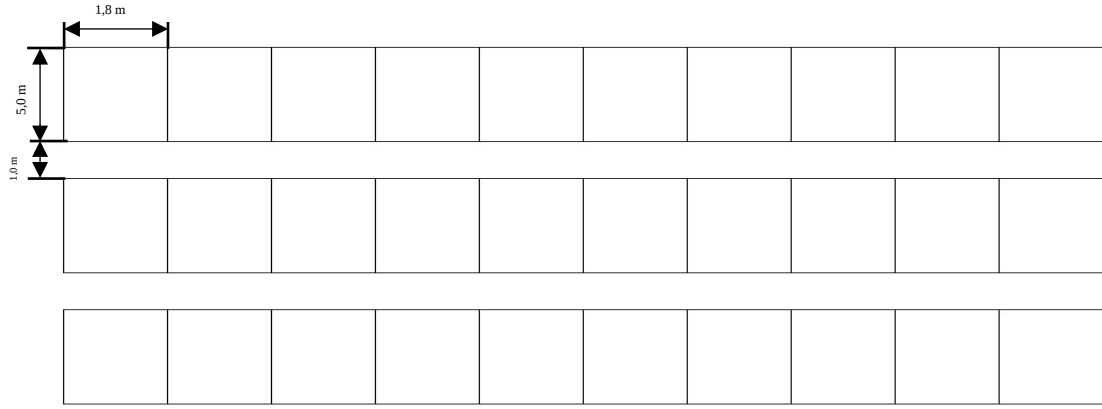
Kültürel Uygulamalar	Tarım Makinası	İş genişliği (m)	Kütle (kg)
1. sınıf toprak işleme	Pulluk (4 soklu)	1.22	800
2. sınıf toprak işleme	Kültivatör	2.70	350
İlaçlama	Motorlu Sırt Pülverizatörü	-	10
Hasat	Motorlu Tırpan (4 bıçaklı)	0.23	7.3

Ekim/dikim ve çapalama işlemleri elle yapılmıştır.

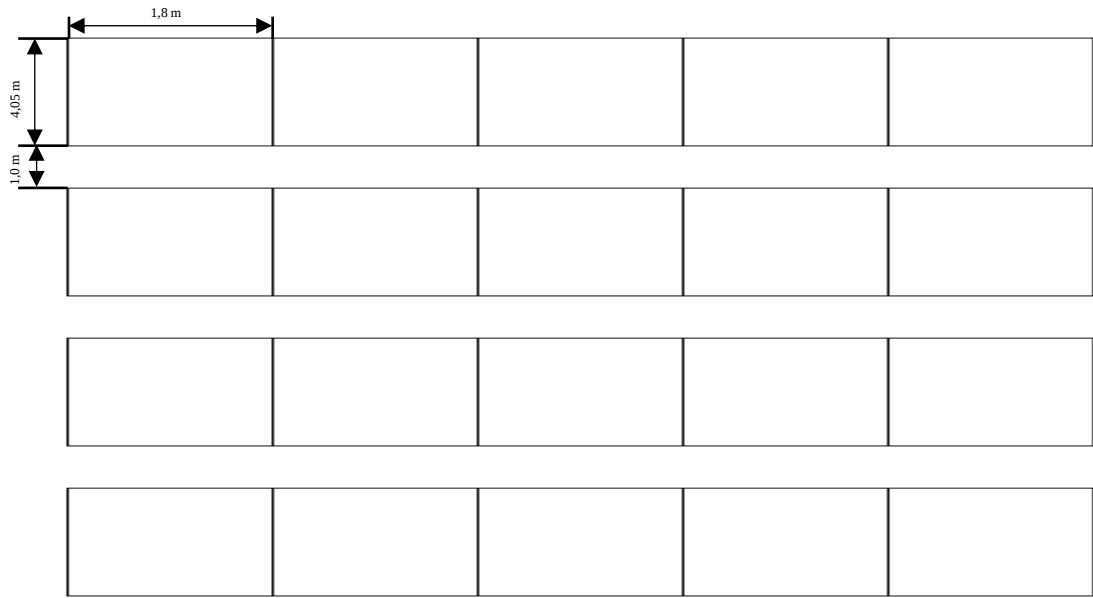
Tablo 3.6. Traktöre Ait Teknik Özellikler

Marka	New Holland
Model	TD90D
Motor tipi	4 zamanlı, dizel motor
Silindir sayısı (adet)	4
Silindir hacmi (l)	3.9
Anma gücü (BG)	88 (65.65 kW)
Toplam kütle (kg)	3700

ve 1,8 m x 4,05 m olmak üzere toplam 172,8 m² alandır (Şekil 3.6). Fide olarak dikimi 2019 yılının mayıs ayında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Sorgum & Sudan Otu İçin Deneme Deseni



Şekil 3.6. Dallı Darı İçin Deneme Deseni

3.2.1. Kültürel Uygulamalar

Toprak hazırlığı; Her iki bitki türü için ekim ve dikim öncesi toprak hazırlığına Kasım 2018 tarihinde pulluk ile derin sürüm yapılarak başlanılmıştır. Daha sonra Mayıs 2019'da yine pullukla derin sürüm ile başlanmış ardından kültivatör ile toprak işlemesi yapılarak ekim7dikim için hazır hale getirilmiştir. Çizi ile sıra açma işlemleri; dallı darı türü için

mayıs ayının son haftasında, Sorgum & sudan otu melezi türü için ise haziran ayının ikinci haftasında açılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Toprak İşleme

Ekim/dikim işlemleri; sorgum & sudan otu melezi türü için; 2019 ve 2020 yılı haziran ayının ikinci haftasında el ile, sıra arası mesafe 45 cm, sıra uzunluğu 5 m olacak şekilde, 3-4 cm derinliğe ekim yapılmıştır. Dekara 4 kg tohum düşecek şekilde ekim yapılmıştır. Dallı darı için ise; çok yıllık bir buğdaygil bitkisi olması sebebiyle dikim bir defa olmak üzere 2019 yılı mayıs ayının ilk haftası tohumlar viyollere ekilmiştir. Daha sonra mayıs ayının sonunda el ile, sıra arası mesafe 45 cm, sıra üzeri mesafe 15 cm olacak şekilde fide olarak dikilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Ekim/Dikim

Çapalama; Sorgum & sudan otu melezi türü için her iki yılda da bitki boyu 30-40 cm olduğunda el çapasıyla bir defa çapa yapılarak yabancı ot mücadelesi yapılmıştır. Dallı darı türü için ise sadece dikim yapıldıktan sonra ortalama bitki boyu 30-40 cm olduğunda bir defa çapa yapılarak yabancı ot mücadelesi yapılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çapalama

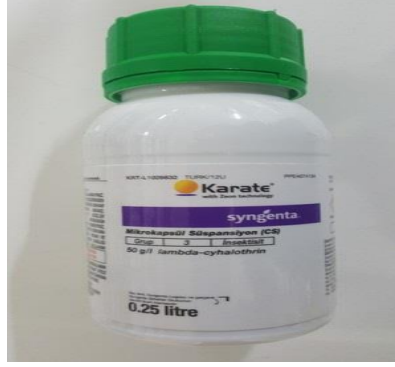
Gübreleme; Sorgum & sudan otu melezi türünde her iki yıl için, ekimle birlikte taban gübresi olarak dekara 10 kg 15+15+15 kompoze gübre, üst gübre olarak dekara 22 kg üre (%46 N) verilmiştir. Dallı darı türünde ise ekimle birlikte dekara 10 kg fosfor ve 4 kg azot gübre olacak şekilde DAP taban gübresi, üst gübreleme için dekara 6 kg azot olacak şekilde üre kullanılmıştır. İkinci yılda ise toplam 15 kg/da azot iki eşit şekilde üre olarak verilmiştir.

Sulama; her iki tür içinde damlama sulama sistemi kullanılmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çıkış yaptıktan itibaren, dallı darı türünde haziran ayından itibaren bitkilerin hasadına kadar, her 2 yıl için üç günde bir, 1,5 saat su verilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Sulama Sistemleri

İlaçlama; Sorgum & sudan otu melezi türünde görülen yaprak biti için 50g/l Lambda-cyhalothrin etken maddeli insektisit ilacı bir defa kullanılmıştır. Dallı darı bitkisinde ise herhangi bir zararlı veya hastalık görülmemiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. İnsektisit İlacı

Hasat; sorgum & sudan otu melezi türünde tanelerin hamur döneminde, eylül ayının 15'sinden sonra tırpanlı motor ile 5 cm boyunda anız bırakılacak şekilde bitki hasat edilmiştir. Biyokütlede yapraklar ve tohumlar ayrılmış, geriye kalan saplar da pres sıkma makinesinden geçirilerek özsuyu elde edilmiştir (Şekil 3.12). Dallı darı bitkisinde ise fizyolojik olgunlaşma döneminde, kasım ayının sonuna doğru tırpanlı motor ile 5 cm boyunda anız bırakılacak şekilde bitki hasat edilmiştir (Şekil 3.13).



Sorgum & sudan otu
a



Sapların sıkılması
b



Özsuyu
c

Şekil 3.12. Sorgum & sudan otu melezi hasadı



Şekil 3.13. Dallı darı hasadı

3.2.2. Denemede Kullanılan Bitkilerde İncelenen Özellikler

3.2.2.1. Bitki Boyu (cm)

Sorgum & sudan otu melezi türünde tanelerin hamur döneminde, dalı darı türünde ise fizyolojik olgunlaşma döneminde her bir parselde tesadüfen seçilen 10 bitkide toprak yüzeyi ile bitkinin uç noktasına kadar olan kısım ölçülerek ortalama bitki boyu hesaplanmıştır (Çelikleş vd. 2017; Yücel vd. 2018).

3.2.2.2. Kardeş Sayısı (adet/bitki)

Dallı darı türünde, her bir parselde tesadüfen seçilen 10 bitkide kardeş sayısı sayılmış ve bitki başına ortalama kardeş sayısı olarak saptanmıştır (Çelikleş vd. 2017).

3.2.2.3. Sap/Yaprak Oranı

Sorgum & sudan otu melezi türünde, her parselden kenar tesiri çıkarıldıktan sonra geriye kalan alandan biçilen bitkilerin sapları, yapraklar ve salkımlardan ayrılarak tartılmış, daha sonra sap ağırlığı yaprak ağırlığına oranlanarak hesaplanmıştır (Yücel vd. 2018).

3.2.2.4. Biyokütle Verimi (kg/da)

Her iki bitki türünün hasat dönemlerinde, kenar tesirlerinin atılması sonrası parsel içerisinde kalan biyokütle tartılarak dekara verim olarak ifade edilmiştir (Çelikleş vd. 2017; Yücel vd. 2018).

3.2.2.5. Kuru Biyokütle Verimi (kg/da)

Dallı darı türünde biyokütle verimi tespit edildikten sonra parsellerden alınan 1 kg ağırlığındaki numuneler kurutma dolabında 70 °C’de kurutulduktan sonra tartılmış, kuru madde oranı belirlenmiş ve elde edilen oranın toplam biyokütle ile çarpımı sonrasında kg/da olarak hesaplanmıştır (Çeliktaş vd. 2017).

3.2.2.6. Sap Verimi (kg/da)

Sorgum & sudan otu melezi türünde tane olgunlaşma döneminde her parselden kenar tesiri çıkarıldıktan sonra geriye kalan alandan biçilen bitkilerin sapları yapraklarından ayrılarak tartılmış ve kg/da olarak ifade edilmiştir (Yücel vd. 2018).

3.2.2.7. Sap Özsuyu Miktarı (l/da)

Sorgum & sudan otu melezi türünde tane olgunlaşma döneminde her parselden kenar tesiri çıkarıldıktan sonra geriye kalan alandan biçilen bitkilerin sapları yaprak ve salkımdan ayrılmıştır. Daha sonra bu bitki sapları özel tasarlanmış makine (Şekil 3.17b) ile sıkılarak özsuyu çıkarılarak tartılmış ve l/da olarak hesaplanmıştır (Yücel vd. 2018).

3.2.2.8. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF) Oranı (%)

0,5-1 mm elekte öğütülen bitki örneklerinin darası alınmış F57 filtre torbası içerisine 0,5 g tartılmıştır. Torbaların ağzı ısıtıcı ile preslenerek kapatılmıştır. Preslenen torbalar, Ankom Fiber Analizörünün haznesine yerleştirilip 2 ADF çözeltisi eklenerek 100 °C’de 80 dakika kaynatılmıştır. Kaynama sonunda cihazdaki çözelti boşaltılmış ve filtre keseler 2 defa sıcak su, 2 defa soğuk su ile olmak üzere toplam 4 defa yıkanmıştır (her yıkama 5 dakika sürmüştür). Daha sonra örnekler asetonla 5 dakika yıkanmıştır. Yıkamadan sonra ortam sıcaklığında 1 saat, daha sonra da 105 °C’de 4 saat kurutulup tartılmış ve % ADF içerikleri eşitlik 3.1 ile hesaplanmıştır (Van Soest et al. 1991).

$$ADF \% = \frac{Y3 - (Y1 * C)}{Y2 * DM} * 100 \quad (3.1)$$

Burada;

Y1: Filtre torba boş ağırlık

Y2: Örnek ağırlığı

Y3: Ekstraksiyon sonrası torba+örnek ağırlığı

DM: Kuru madde (%)

C: Boş torba (düzeltme faktörü)

3.2.2.9. Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) Oranı (%)

ADF analizinde anlatıldığı şekilde tartılan ve cihaza yerleştirilen torbalar üzerine 2 litre NDF çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra ADF'deki gibi aynı işlemler yapılmış ve % NDF içerikleri eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır (Van Soest et al. 1991).

$$ADF \% = \frac{Y3 - (Y1 * C)}{Y2 * DM} * 100 \quad (3.2)$$

Burada;

Y1: Filtre torba boş ağırlık

Y2: Örnek ağırlığı

Y3: Ekstraksiyon sonrası torba+örnek ağırlığı

DM: Kuru madde (%)

C: Boş torba (düzeltme faktörü)

3.2.2.10. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lignin (ADL) Oranı (%)

% ADF içerikleri belirlenen F57 torbaları, içerisinde %72'lik sülfirik asit (H₂SO₄) çözeltisi olan cam beher kaplarda tamamen çözeltiye batacak şekilde daldırılmıştır. Filtre torbaları yarım saatte bir karıştırarak toplam 3 saat asitte bekletilmiştir. Bu işlemten sonra F57 torbaları bol su ile yıkanmıştır. pH nötr örnekler 5 dakika aseton ile muamele edildikten sonra ortam sıcaklığında 1 saat, daha sonra da 105 °C'de 4 saat kurutulup tartılmış ve % ADL içerikleri eşitlik 3.3 ile hesaplanmıştır (Van Soest et al. 1991).

$$ADL \% = \frac{Y3 - (Y1 * C)}{Y2 * DM} * 100 \quad (3.3)$$

Burada;

Y1: Filtre torba boş ağırlık

Y2: Örnek ağırlığı

Y3: Ekstraksiyon sonrası torba+örnek ağırlığı

DM: Kuru madde (%)

C: Boş torba (düzeltme faktörü)

3.2.2.11. Selüloz ve Hemiselüloz Oranı (%)

İkinci nesil biyoetanol üretim prosesinde, fermente olabilir şeker kaynağı olan hücre duvarı yapısal karbonhidratları selüloz ve hemiselüloz oranları, eşitlik 3.4 ve 3.5 yardımı ile hesaplanmıştır (Van Soest et al. 1991).

$$\text{Selüloz (\%)} = \% ADF - \% ADL \quad (3.4)$$

$$\text{Hemiselüloz (\%)} = \% NDF - \% ADF \quad (3.5)$$

3.2.2.12. Ham Kül Oranı (%)

Boş porselen krezeler 105 °C’de 4 saat kurutulduktan sonra çıkarılmış ve 30 dk süre ile desikatörde soğutulup tartılmıştır. 1 gr ağırlığındaki numuneler tartılmış krezelere konulmuş ve ardından 550 °C sıcaklıktaki kül fırınında, kül açık griden beyaza kadar değişen bir renge dönünceye kadar yaklaşık 4 saat yakılmıştır. Örnekler bir maşa yardımı ile alınmış ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğutulan kroze + örnekler hassas terazide tartılmış ve eşitlik 3.6 yardımı ile ham kül oranları hesaplanmıştır (Van Soest et al. 1991).

$$\text{Ham Kül (\%)} = \frac{Y1-Y2}{Y3} * 100 \quad (3.6)$$

Burada;

Y1: Yakma sonrası son tartım (gr)

Y2: Boş kroze ağırlığı (gr)

Y3: Örnek ağırlığı (gr)

3.2.2.13. Biyokütlenin Elementel (C, H, N, S, O₂) İçeriği (%)

Biyokütlenin elementel kompozisyonuna (C, H, N, S ve O₂) ait analizler T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı’na bağlı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Enerji Tarımı Laboratuvarı’nda yaptırılmıştır. Elementel analiz, Flash 2000 CHNS/O Analyzer cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.14). Biyokütle elementel kompozisyonu ASTM D 4239 (S) ve ASTM D 5373 (C, H, N) standartlarına göre belirlenmiştir.



Şekil 3.14. Flash 2000 CHNS/O Analyzer

3.2.2.14. Biyokütle Isıl Değeri (MJ/kg)

Sorgum & sudan otu melezi ve dallı darı biyokütlesinin üst ısı değeri (HHV) eşitlik 3.7 ile hesaplanmıştır (Yin 2011).

$$HHV = (0,2949 * C) + (0,8250 * H) \quad (3.7)$$

Burada;

HHV : Üst ısı değeri (MJ/kg KM)

C : Dallı darı ve sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi karbon içeriği (%)

H : Dallı darı ve sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi hidrojen içeriği (%)

McKendry (2002)'ye göre uygulamada kullanılan biyokütle gibi kuru ürünlerde hiç nem yoktur ve kuru biyokütle için hesaplanan HHV, alt ısı değere (LHV) eşittir. Bu ifadeden dolayı dallı darı ve sorgum & sudan otu melezi biyokütlesinin HHV'sinin LHV'sine eşit olduğu varsayılmıştır.

3.2.2.15. Şeker Oranı (%)

Sorgum & sudan otu melezi türünde özsudaki şeker oranı, HPLC cihazında Davila-Gomez et al. (2011) tarafından açıklanan yöntemle göre Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yaptırılarak belirlenmiştir.

Dallı darı türünde şeker oranı Fenol-Sülfürik asit yöntemine (Dubois et al. 1956) göre Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda yaptırılarak şeker (g)/100 g dallı darı olarak belirlenmiştir.

3.2.2.16. Etanol Verimi (l/da)

Dallı darı türünde teorik etanol verimi, Japonya Enerji Enstitüsü (IJE 2006) tarafından geliştirilen eşitlik 3.8 ile hesaplanmıştır.

$$Etanol (l/da) = \frac{KMT\text{Ş} * KB * \text{ŞDO} * EDO}{EY} * 1000 \quad (3.8)$$

Burada;

KMTŞ: Kuru maddede toplam şeker oranı (%)

KB : Kuru biyokütle (t/da)

ŞDO : Şeker Dönüşüm Oranı (0,51) (Ameen et al. 2019)

EDO : Etanol dönüşüm oranı (0,85) (Ameen et al. 2019)

EY : Etanol yoğunluğu (0,79 g/ml) (Ameen et al. 2019)

Sorgum & sudan otu melezi türünde teorik etanol verimi, Smith et al. (1987), Bunphan et al. (2015) ve Yücel vd. (2018) tarafından kullanılan eşitlik 3.9 ile hesaplanmıştır.

$$Etanol (l/da) = \frac{Toplam \text{ Şeker Verimi} * 3,78 * 0,80}{5,68} \quad (3.9)$$

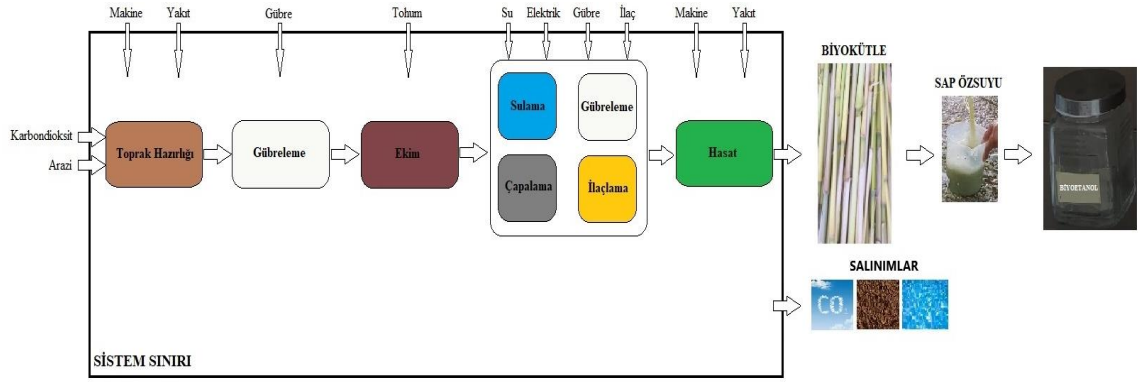
Toplam şeker verimi (l/da), sap özsuyu miktarı içerisindeki şeker oranına bağlı olarak belirlenmiştir.

3.2.3. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (TYDD)

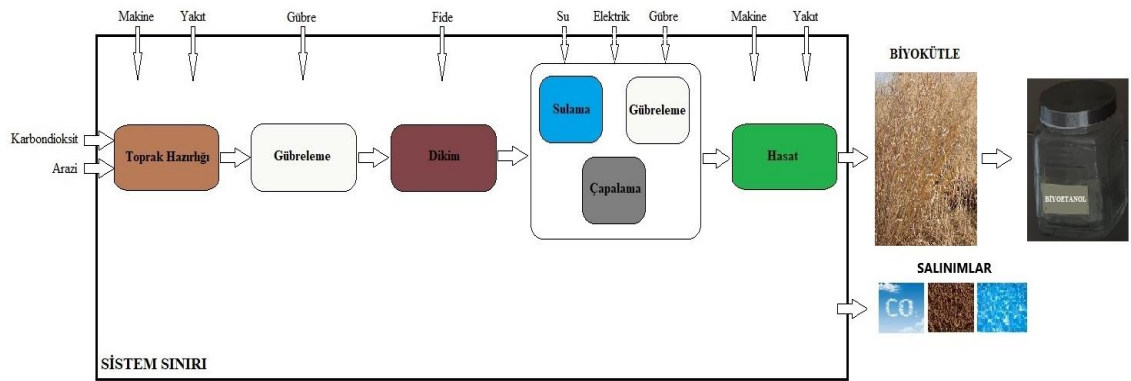
Bitkisel üretim sırasında oluşan çevresel etkilerin belirlenmesi amacıyla, Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirme (TYDD) yönteminden faydalanılmıştır. TYDD, 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. Amaç ve Kapsam Tanımı

TYDD'nin ilk aşaması olan bu aşamada yaşam döngüsünün değerlendirmesinin amacının ve kapsamının belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmadaki TYDD'nin amacı, en yüksek biyokütle verimine sahip olan çeşitlerin, biyokütle bitkisi olarak üretilmesi sırasında oluşan çevresel etkilerin belirlenmesi olmuştur. Bu amaçla, Şekil 3.15 ve 3.16'daki gibi bir sistem sınırı tanımlanarak kapsamı belirlenmiştir.



Şekil 3.15. Sorgum & Sudan Otu Melezi İçin Tanımlanan Sistem Sınırı



Şekil 3.16. Dalı Darı İçin Tanımlanan Sistem Sınırı

Fonksiyonel birim olarak biyokütle üretimi için 1 kg biyokütle kabul edilmiştir.

3.2.3.2. Yaşam Döngüsü Envanteri

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yapılabilmesi için envanter çıkarılması yani verilerin toplanması ve bazı varsayımlarda bulunulması gerekmektedir. Tablo 3.7'deki varsayımlarda bulunulmuştur.

Tablo 3.7. Varsayımlar

Varsayımlar	Dalı Darı	Sorgum & Sudan Otu
Tarlaların eğimi	Eğimsiz	Eğimsiz
Tarlaların ekilebilirliği	Ekilebilir	Ekilebilir
Tarım çeşidi	Sulu tarım	Sulu tarım
Drenaj	Yok	Yok
Toprağın kil içeriği (%)	45	54
Toprağın humus içeriği (%)	1,49	1,89
Bitki potansiyel kök derinliği (cm)	300	190
Toprağın aşınım (K) faktörü	Göz ardı edilmiştir	Göz ardı edilmiştir
Gübreleme	Yapılmıştır	Yapılmıştır
Amonyak kayıplarını önlemek için makine	Kullanılmamıştır	Kullanılmamıştır

Başlık 3.1.2’de verilmiş olan makinaların teknik özellikleri, tarım makinaları envanter verilerini oluşturmuştur.

Sorgum & sudan otu melezi ve dallı darı biyokütlelerinin envanter verileri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Sorgum & Sudan Otu Melezi ve Dallı Darı Biyokütlelerinin Envanter Verileri

Bitkiler	Çeşit	Kalorifik Değerler (MJ/kg)	CO ₂ Bağlama (kg/ha)
Sorgum & sudan otu melezi	Nutrima	17,29	1,55
Dallı darı	Kanlow	17,99	1,64

Diğer envanter verileri Tablo 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.9. Diğer Envanter Verileri

Envanterler	Birim	Bitkiler	
		Sorgum & sudan otu melezi	Dallı darı
Ekilen alan	ha	0,030	0,017
Tohum	kg/ha	40	1,5
Gübre	Azot	116,2	150
	Fosfor	15	100
	Potasyum	15	-
Sulama	m ³ /ha	19871,8	9641,2
Elektrik	kWh	2504,1	1669,4
İlaç	l/ha	0,5	-
Biyokütle Verimi	kg/ha	49888	26593

3.2.3.3.Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü envanteri aşamasında elde edilen ham veriler, matematiksel eşitliklerden geçirilerek Excel de bilgisayar programına girilecek verilere dönüştürülmüştür. Daha sonra bu veriler, lisanslı SimaPro 8.0.5.13 Analyst programına aktarılarak CML-IA Baseline modeline göre etki değerlendirme yapılmıştır (Tablo 3.10) ve daha sonra normalleştirme yapılarak etkiler birbiri ile kıyaslanmıştır.

Tablo 3.10. CML-IA Baseline Modeline Göre Etki Kategorileri ve Karakterizasyon Birimleri

ETKİ KATEGORİSİ	KARAKTERİZASYON BİRİMİ
Abiyotik Bozunma	kg Sb _{eş}
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	MJ
Küresel Isınma Potansiyeli (100 yıl)	kg CO _{2-eş}
Ozon Tabakasının İncelmesi	kg CFC11 _{eş}
İnsan Zehirlenmesi	kg 1.4-DB _{eş}
Tatlı Su Canlıları Ekotoksosite	kg 1.4-DB _{eş}
Deniz Canlıları Ekotoksosite	kg 1.4-DB _{eş}
Kara Canlıları Ekotoksosite	kg 1.4-DB _{eş}
Fotokimyasal Oksidasyon	kg C ₂ H _{4-eş}
Asitleşme	kg SO _{2-eş}
Ötrofikasyon	kg PO _{4-eş}

3.2.3.4. Yorumlama

Son olarak aşağıda verilen etkilere göre yorumlama yapılmıştır.

- Küresel Etkiler; İklim değişikliği, stratosferdeki ozon azalması ve abiyotik bozunma.
- Bölgesel Etkiler; Fotokimyasal oksidasyon ve asitleşme potansiyeli.
- Yerel Etkiler; İnsan, kara canlılarının, su canlılarının ve temiz su canlılarının zehirlenmesi ve ötrofikasyon potansiyeli.

3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Sorgum & sudan otu melezi türünde elde edilen veriler, tesadüf bloklarında faktöriyel deneme planı uygulanmıştır. Faktörler çeşit ve yıl olup, 10 çeşit ve 2 yıl vardır. Bu durumda (10x2)'lik faktöriyel deneme planında değerlendirilmiştir. Dallı darı türünden elde edilen veriler ise tesadüf blokları deneme deseni planı uygulanmıştır. Çeşit faktörü üzerinden değerlendirme yapılmıştır. SPSS 23 ve Minitab programlarında analiz edilen veriler, varyans analizi sonucunda faktörler arası farklılık ve interaksiyon önemli olduğundan farklılıkların tespiti için çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey testi uygulanmıştır. Gruplar arası farklılıklar %5 anlam düzeyinde kontrol edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çelikleş vd. (2017), çok yıllık buğdaygil bitkilerinin adaptasyon ve tarımı çalışmalarında genellikle bitkilerin ilk yıl gerçek performanslarını tam olarak ortaya koyamadıklarını bildirmişlerdir. Bundan dolayı bu araştırmada dallı darı türüne ait ilk yıl verileri değerlendirmeye alınmamıştır.

4.1. Bitki Boyu (cm)

4.1.1. Dallı Darı Bitki Boyu (cm)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin bitki boyuna ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.1’de, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.2’de ve değişim grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Bitki Boyu İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

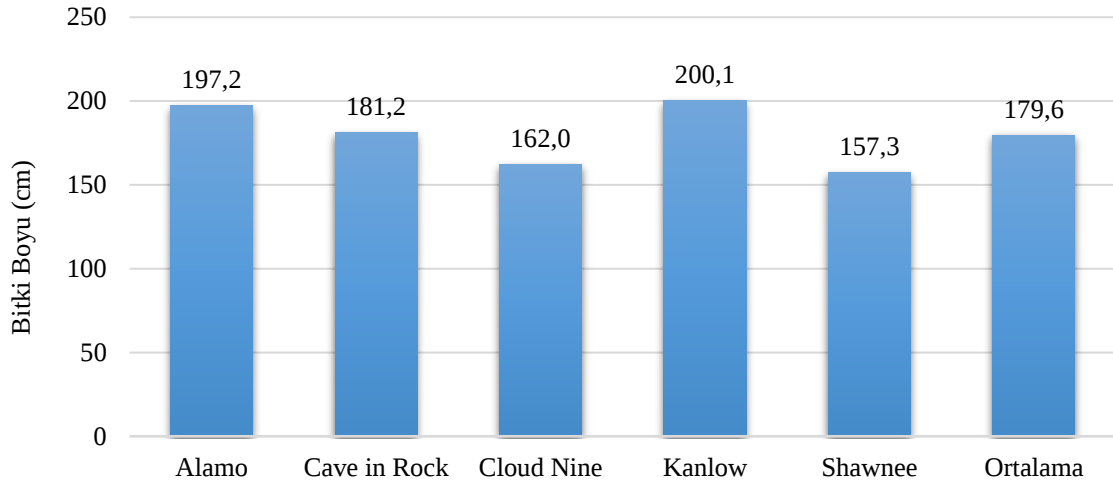
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	23,13	7,71	
Çeşit	4	6154,96	1538,74	87,02**
Hata	12	212,19	17,68	
Genel	19	6390,28		
DK: %2,34				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.2. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Bitki Boyu (cm) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Bitki Boyu (cm)	Oluşan Gruplar
Alamo	197,2	A*
Cave in Rock	181,2	B
Cloud Nine	162,0	C
Kanlow	200,1	A
Shawnee	157,3	C
Ortalama	179,6	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.1. Dallı Darı Çeşitlerinin Bitki Boyu (cm) Değişim Grafiği

Tablo 4.1’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, bitki boyu açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda; dallı darı bitkisinde en yüksek bitki boyu Kanlow (200,1 cm) ve Alamo (197,2 cm) çeşitlerinde, en düşük bitki boyu ise Shawnee (157,3 cm) ve Cloud Nine (162,0 cm) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Ortalama bitki boyu 179,6 cm olarak saptanmış; Kanlow, Alamo ve Cave in Rock çeşitlerinin bitki boyu ortalamanın üzerinde olduğu, Cloud Nine ve Shawnee çeşitlerinin bitki boyu ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.1).

Çalışma sonucunda bitki boyu ile ilgili elde edilen bulgular; Soylu vd. (2010) tarafından 66-173 cm, Min et al. (2017) tarafından 124,2-176,5 cm, Muftau et al. (2020) tarafından 116,5 cm olarak elde edilen değerlerden yüksek; Giannoulis et al. (2016) tarafından Palamas lokasyonunda 231-247 cm olarak elde edilen değerlerden düşük iken; Alexopoulou et al. (2008) tarafından 185 cm, Şeflek (2010) tarafından 156-203 cm, Geren vd. (2016) tarafından 165,3-215,7 cm ve Giannoulis et al. (2016) tarafından Velestino lokasyonunda 131-193 cm olarak elde edilen değerlerle benzer bulunmuştur. Elde edilen verilerin dallı darı potansiyel bitki boyuna yakın olduğu gözlemlenmiştir. Diğer araştırmacıların elde ettikleri bulgulardan küçük farkların olması ekolojik faktörler ve tarımsal uygulamadaki değişikliklerden kaynaklandığı söylenebilir.

4.1.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Bitki Boyu (cm)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin bitki boyuna ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir. Bitki boyunun; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.4'te ve değişim grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Bitki Boyu İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	3,3	1,7	
Çeşit	9	23182,0	2575,8	47,11**
Yıl	1	6153,0	6153,0	112,53**
Çeşit x Yıl	9	15572,1	1730,2	3165**
Hata	38	2077,7	54,7	
Genel	59	46988,1		
DK: %2,99				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

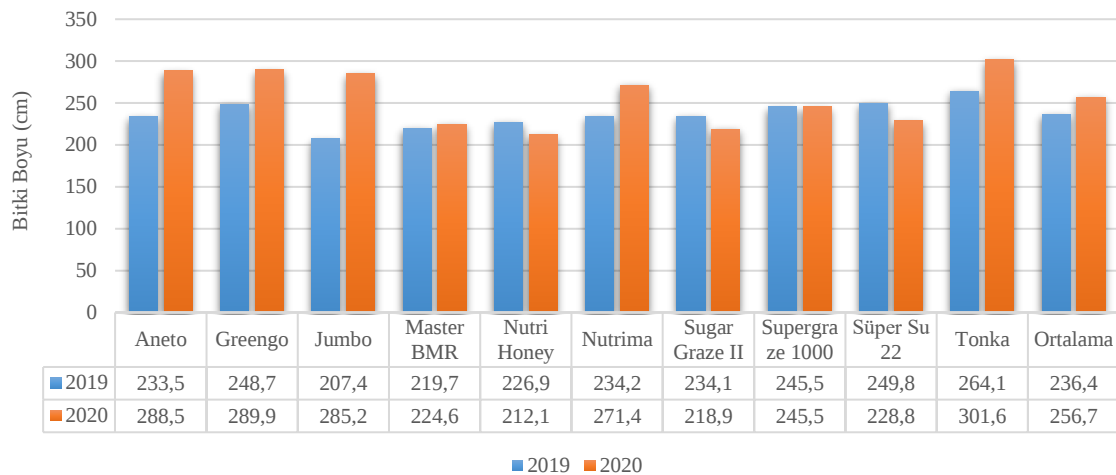
Tablo 4.4. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Bitki Boyu (cm) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Bitki Boyu (cm) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	233,5 fgh*	288,5 ab	261,0 BC ⁺
Greengo	248,7 def	289,9 ab	269,3 AB
Jumbo	207,4 ı	285,2 abc	246,3 D
Master BMR	219,7 hı	224,6 ghı	222,1 F
Nutri Honey	226,9 f-ı	212,1 hı	219,5 F
Nutrima	234,2 fgh	271,4 bcd	252,8 CD
Sugar Graze II	234,1 fgh	218,9 hı	226,5 EF
Supergraze 1000	245,5 efg	245,5 efg	245,5 D
Süper Su 22	249,8 def	228,8 f-ı	239,3 DE
Tonka	264,1 cde	301,6 a	282,8 A
Ortalama	236,4 B ⁺⁺	256,7 A	246,5

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Bitki Boyu (cm) Değişim Grafiği

Tablo 4.3'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin bitki boyu yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi bitkisinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek bitki boyu Tonka (282,8 cm) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Greengo (269,3 cm) çeşitlerinde, en düşük bitki boyu ise Nutri Honey (219,5 cm) ve Master BMR (222,1 cm) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.4). İki yılın ortalama bitki boyu 246,5 cm olarak belirlenmiştir. Tonka, Greengo, Aneto ve Nutrima çeşitlerinin bitki boyları ortalamanın üzerinde, Jumbo, Supergraze 1000, Süper Su 22, Sugar Graze II, Master BMR ve Nutri Honey çeşitlerinin bitki boyu ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür. Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, bitki boyu değerlerinin 207,4 cm ile 301,6 cm arasında olduğu görülmektedir. En yüksek bitki boyu 2020 yılında Tonka (301,6 cm) çeşidinden, en düşük bitki boyu ise 2019 yılında Jumbo (207,4 cm) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2020 yılındaki ortalama bitki boyu (256,7 cm) 2019 yılındaki ortalama bitki boyundan (236,4 cm) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.2).

Sorgum özsuyundan etanol üretimiyle ilgili yapılan çalışmalarda bitki boyu; Sawargaonkar et al. (2013) tarafından 169-201 cm, Usofzadeh et al. (2013) tarafından 166-186 cm ve Shaikh et al. (2021) tarafından 121,1-247,5 cm olarak elde edilmiştir. Bu bulguların mevcut çalışmada elde edilen bulgulardan daha düşük olduğu görülmüştür. Elde edilen bulguların yüksek çıkması, C4 bitkisi olan sorgum & sudan otu melezi türünde ekolojik faktörlerin

etkili olmasıdır. Araştırma yeri karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. Buna bağlı olarak gece-gündüz sıcaklık farkı, ışık yoğunluğu gibi faktörler fotosentez üzerindeki etkisi büyüktür. Ratnavathi et al. (2011) tarafından 221,4-302,8 cm, Rao et al. (2013) tarafından 283-358 cm, Guden vd. (2020) tarafından 113-364 cm ve Aydınşakir vd. (2021) tarafından 199,3-315,7 cm olarak elde edilen bulgular ise mevcut çalışmada elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir.

4.2. Dallı Darı Kardeş Sayısı (adet/bitki)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin kardeş sayısına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.5'te, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.6'da ve değişim grafiği Şekil 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kardeş Sayısı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

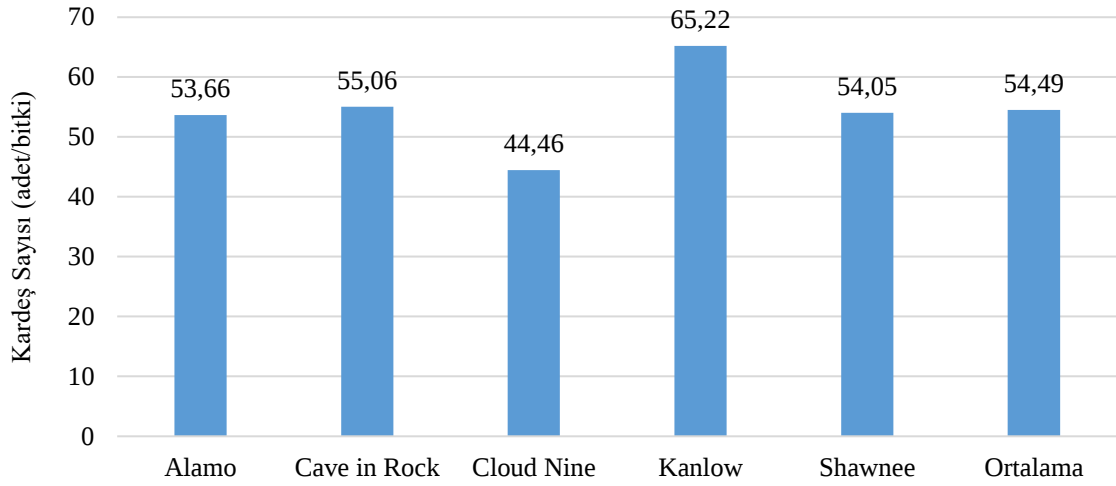
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	18,02	6,01	
Çeşit	4	867,34	216,83	56,89**
Hata	12	45,73	3,81	
Genel	19	931,09		
DK: 3,58				

** $p \leq 1\%$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.6. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kardeş Sayısı Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Kardeş Sayısı (adet/bitki)	Oluşan Gruplar
Alamo	53,66	B*
Cave in Rock	55,06	B
Cloud Nine	44,46	C
Kanlow	65,22	A
Shawnee	54,05	B
Ortalama	54,49	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.3. Dallı Darı Çeşitlerinin Kardeş Sayısı (adet/bitki) Değişim Grafiği

Tablo 4.5'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, kardeş sayısı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı bitkisinde en yüksek kardeş sayısı Kanlow (65,22 adet) çeşidinde, en düşük kardeş sayısı ise Cloud Nine (44,46 adet) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.6). Ortalama kardeş sayısı 54,49 adet olarak tespit edilmiş; Kanlow ve Cave in Rock çeşitlerinin kardeş sayısının ortalamanın üzerinde olduğu, Alamo, Shawnee ve Cloud Nine çeşitlerinin kardeş sayısının ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.3).

Çelikaş vd. (2017), birim alandaki sap sayısı, biyokütle verimi ve yüksek biyoenerji verimliliği bakımından önemli bir faktör olduğu, dallı darıya ait farklı genotiplerle ülkemizde Akdeniz iklim kuşağını temsilen Hatay'da yaptıkları çalışmada ikinci yılda kardeş sayısını 12,40-57,10 (adet/bitki) ve karasal iklim kuşağını temsilen Kırşehir'de yaptıkları çalışmada ise 9,30-90,73 (adet/bitki) arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kırşehir'de elde edilen bulgular ile mevcut çalışma birbiriyle benzemektedir. Mevcut çalışmanın yapıldığı Bingöl'ün de karasal iklime sahip olması elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Giannoulis et al. (2016), çevresel faktörlerin yanı sıra tarımsal uygulamalarında bitki morfolojik karakterleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

4.3. Sorgum & Sudan Otu Melezi Sap/Yaprak Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin sap/yaprak oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir. Sap/yaprak oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.8’de ve değişim grafiği Şekil 4.4’te verilmiştir.

Tablo 4.7. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap/Yaprak Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,051893	0,0259465	
Çeşit	9	69,923387	7,769265222	537,924**
Yıl	1	3,565625	3,565625	246,8747**
Çeşit x Yıl	9	0,671687	0,074631889	5,1673**
Hata	38	0,548836	0,014443053	
Genel	59	74,761428		
DK: %2,95				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

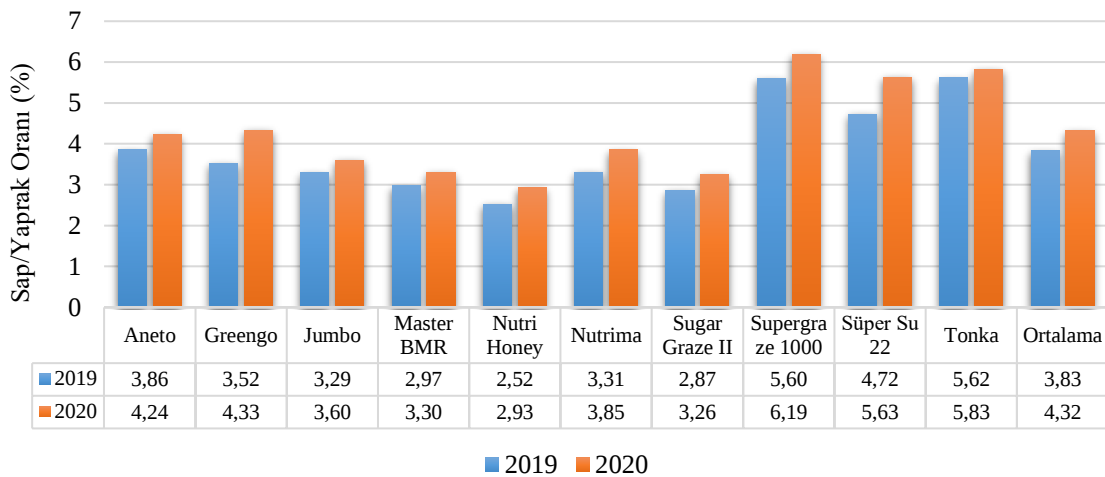
Tablo 4.8. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap/Yaprak Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Sap/Yaprak Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	3,86 e*	4,24 d	4,05 C ⁺
Greengo	3,52 ef	4,33 d	3,92 C
Jumbo	3,29 fgh	3,60 ef	3,44 D
Master BMR	2,97 ghı	3,30 fgh	3,14 E
Nutri Honey	2,52 j	2,93 hı	2,73 F
Nutrima	3,31 fg	3,85 e	3,58 D
Sugar Graze II	2,87 ıj	3,26 fgh	3,06 E
Supergraze 1000	5,60 b	6,19 a	5,90 A
Süper Su 22	4,72 c	5,63 b	5,18 B
Tonka	5,62 b	5,83 ab	5,73 A
Ortalama	3,83 B⁺⁺	4,32 A	4,07

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.4. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Sap/Yaprak Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.7’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin sap/yaprak oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl etkisi açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi bitkisinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek sap/yaprak oranı Supergraze 1000 (%5,90) ve Tonka (%5,73) çeşitlerinde, en düşük sap/yaprak oranı ise Nutri Honey (%2,73) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.8). İki yılın ortalama sap/yaprak oranı %4,07 olarak tespit edilmiş; Supergraze 1000, Tonka, Süper Su 22, çeşitlerinin sap/yaprak oranının ortalamasının üzerinde olduğu, Aneto, Greengo, Nutrima, Jumbo, Master BMR, Sugar Graze II ve Nutri Honey çeşitlerinin sap/yaprak oranı ise ortalamasının altında olduğu görülmüştür. Araştırmanın yıl x çeşit etkisine ait veriler incelendiğinde, sap/yaprak oranı değerlerinin %2,52 ile %6,19 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek sap/yaprak oranı 2020 yılında Supergraze 1000 (%6,19) çeşidinden, en düşük sap/yaprak oranı ise 2019 yılında Nutri Honey (%2,52) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama sap/yaprak oranı (%3,83) 2020 yılındaki ortalama sap/yaprak oranından (%4,32) daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.4).

Bitkinin fotosentez yapması açısından yapraklar önemlidir. Ancak biyoenerji amaçlı etanol elde edilmesi açısından çok önemli değildir. Sorgum & sudan otu melezi yapraklarında %2’nin altında şeker olması ve hasat sırasında saplardaki özsuğunu emmemeleri için yaprak oranlarının düşük olması istenir (Yücel vd. 2018). Sorgum, sudan otu ve sorgum & sudan otu meleziyle ilgili yapılan çalışmalarda araştırmacılar tarafından elde edilen

sap/yaprak oranları, mevcut çalışmadaki bulgularla paralellik göstermektedir (Tosun ve Özbilen 1991; Acar vd. 2002; Daniel et al. 2017; Çoban ve Acar 2018; Atalay 2019; Demir 2020).

4.4. Biyokütle Verimi (kg/da)

4.4.1. Dallı Darı Biyokütle Verimi (kg/da)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin biyokütle verimine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.9'da, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.10'da ve değişim grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.9. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

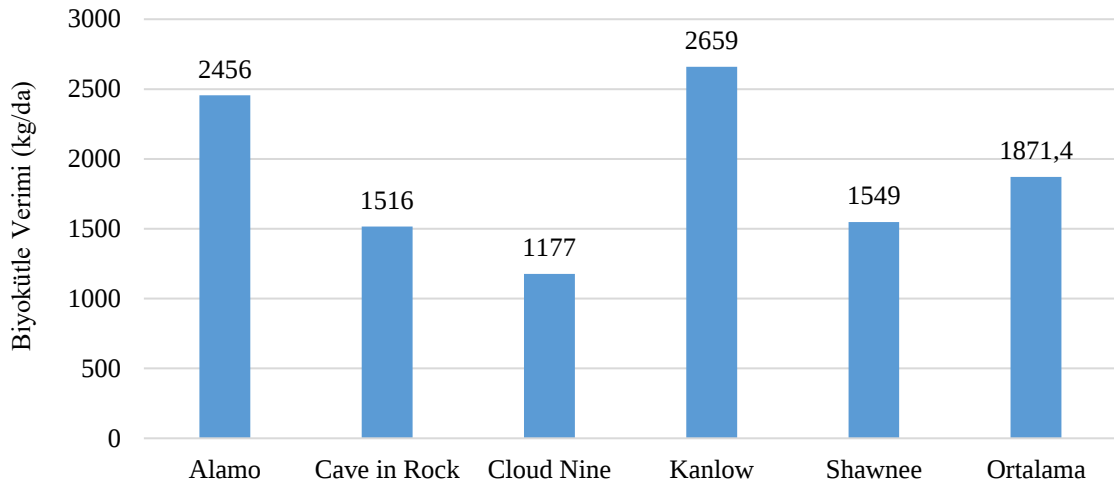
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	40119	13373	
Çeşit	4	6702091	1675523	262,92**
Hata	12	76472	6373	
Genel	19	6818682		
DK: %4,26				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.10. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Biyokütle Verimi (kg/da)	Oluşan Gruplar
Alamo	2456	B*
Cave in Rock	1516	C
Cloud Nine	1177	D
Kanlow	2659	A
Shawnee	1549	C
Ortalama	1871,4	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.5. Dallı Darı Çeşitlerinin Biyokütle Verimi (kg/da) Değişim Grafiği

Tablo 4.9’da görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, biyokütle verimi açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı bitkisinde en yüksek biyokütle verimi Kanlow (2659 kg/da) çeşidinde, en düşük biyokütle verimi ise Cloud Nine (1177 kg/da) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.10). Ortalama biyokütle verimi 1871,4 kg/da olarak tespit edilmiş; Kanlow ve Alamo çeşitlerinin biyokütle veriminin ortalamanın üzerinde olduğu, Shawnee, Cave in Rock ve Cloud Nine çeşitlerinin biyokütle veriminin ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.5).

Dallı darıyla ilgili daha önce yapılan çalışmalarda biyokütle verimini; Lemus et al. (2002) 900 kg/da, Hu et al. (2017) 1540 kg/da ve Min et al. (2017) 1062,1-1441,5 kg/da olarak bulmuşlardır. Bu elde edilen bulgular mevcut çalışmada elde edilen bulgulardan daha düşüktür. Giannoulisia and Danalatos (2014) tarafından 2700-3000 kg/da olarak elde edilen bulgu, çalışmada elde edilen bulgulardan daha yüksektir. Biyokütle verimini etkileyen faktörler; ekolojik koşullar, farklı genotipler ve uygulanan kültürel uygulamalardır. Nitekim Çelikaş vd. (2018) yürüttükleri çalışmada biyokütle verimi üzerinde en etkili faktörün genetik yapı olduğunu bildirmişlerdir. Grigatti et al. (2004)’nin 940-2510 kg/da, Sadaka et al. (2014)’nın 1200-2200 kg/da, Çelikaş vd. (2017)’nin Hatay lokasyonunda 336,64-2457,33 kg/da ve Kırşehir lokasyonunda 361,11-1854,21 kg/da olarak elde ettikleri değerler ise mevcut çalışmadaki değerlerle benzer bulunmuştur.

4.4.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütle Verimi (kg/da)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin biyokütle verimine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.11’de verilmiştir. Biyokütle veriminin; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.12’de ve değişim grafiği Şekil 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.11. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	138876	69438	
Çeşit	9	43957460	4884162	248,68**
Yıl	1	5018927	5018927	255,55**
Çeşit x Yıl	9	6631809	736868	37,52**
Hata	38	746321	19640	
Genel	59	56493394		
DK: %2,97				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

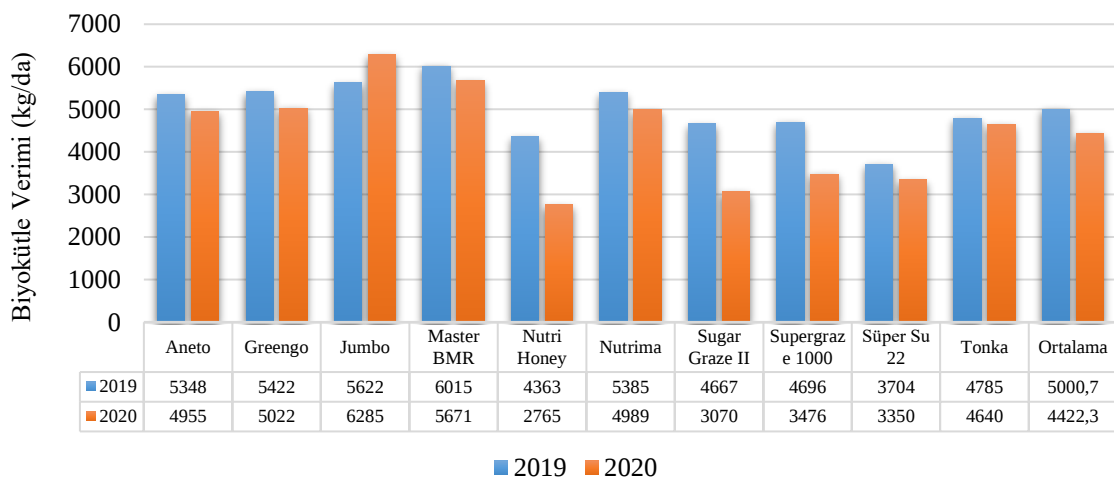
Tablo 4.12. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Biyokütle Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Biyokütle Verimi (kg/da) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	5348 cde*	4955 ef	5151 B ⁺
Greengo	5422 cd	5022 def	5222 B
Jumbo	5622 bc	6285 a	5954 A
Master BMR	6015 ab	5671 bc	5843 A
Nutri Honey	4363 g	2765 j	3564 E
Nutrima	5385 cde	4989 def	5187 B
Sugar Graze II	4667 fg	3070 ij	3869 D
Supergraze 1000	4696 fg	3476 hı	4086 D
Süper Su 22	3704 h	3350 hı	3527 E
Tonka	4785 fg	4640 fg	4713 C
Ortalama	5000 A⁺⁺	4422 B	4711,6

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.8. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Biyokütle Verimi (kg/da) Değişim Grafiği

Tablo 4.11’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin biyokütle verimi yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl etkisi açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi bitkisinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek biyokütle verimi Jumbo (5954 kg/da) ve Master BMR (5843 kg/da) çeşitlerinde, en düşük biyokütle verimi ise Süper Su 22 (3527 kg/da) ve Nutri Honey (3564 kg/da) çeşitlerinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama biyokütle verimi 4711,6 kg/da olarak tespit edilmiş; Jumbo, Master BMR, Greengo, Nutrima, Aneto ve Tonka çeşitlerinin biyokütle verimlerinin ortalamasının üzerinde olduğu, Supergraze 1000, Sugar Graze II, Nutri Honey ve Süper Su 22 çeşitlerinin biyokütle verimlerinin ise ortalamasının altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.12). Araştırmanın yıl x çeşit etkisine ait veriler incelendiğinde, biyokütle verimi değerlerinin 2765 kg/da ile 6285 kg/da arasında olduğu görülmektedir. En yüksek biyokütle verimi 2020 yılında Jumbo (6285 kg/da) çeşidinden, en düşük biyokütle verimi ise 2020 yılında Nutri Honey (2765 kg/da) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama biyokütle verimi (5000,7 kg/da) 2020 yılındaki ortalama biyokütle veriminden (4422,3 kg/da) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.6).

Bazı araştırmacıların sorgum bitkisi ile ilgili yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri biyokütle veriminin mevcut çalışmayla paralellik gösterdiği belirlenmiştir [Başaran (2011) 996,1-4453 kg/da ve Rao et al. (2013) 3900-6700 kg/da]. Mevcut çalışmada elde edilen bulguların Çoban ve Acar (2018)’ın 7038,33-9400,67 kg/da, Tang et al. (2018)’nın 8600-9200 kg/da,

Almeida et al. (2019)'nın 6700-9986 kg/da, Diallo et al. (2019)'nın 5220-8860 kg/da, Adıyaman vd. (2020)'in 10633-16172 kg/da, Demir (2020)'in 7714-16380 kg/da ve Yücel vd. (2020)'nin 8300-21500 kg/da olarak buldukları değerlerden daha düşük bulunmuştur. Bu farklılığın sebebi ekolojik faktörler, toprak yapısı ve kullanılan farklı genotiplerden kaynaklandığı söylenebilir.

4.5. Dallı Darı Kuru Biyokütle Verimi (kg/da)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin kuru biyokütle verimine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.13'te, ortalama değerler ile grupları Tablo 4.17'de ve değişim grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kuru Biyokütle Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

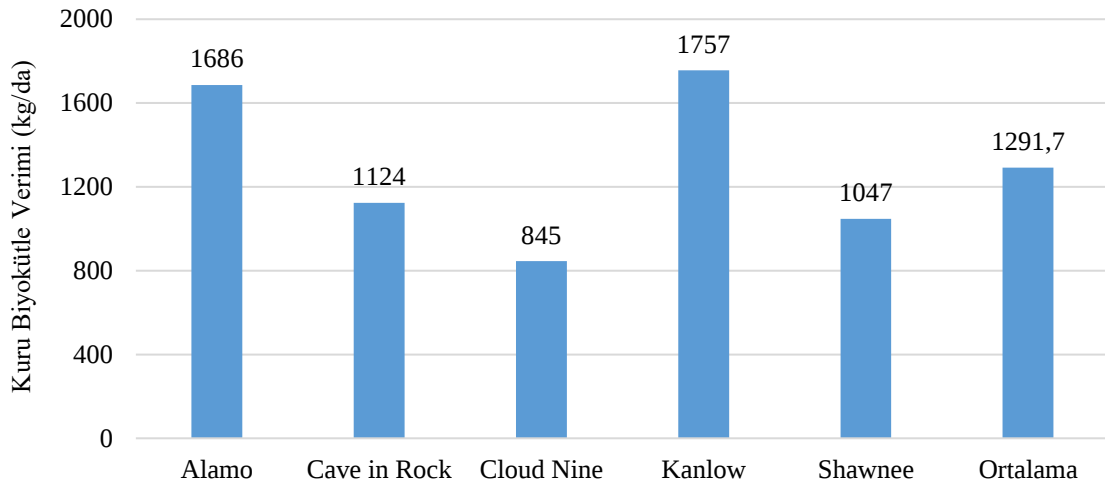
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	18767	6256	
Çeşit	4	2634618	638655	542,93**
Hata	12	14558	1213	
Genel	19	2667943		
DK: %2,69				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.14. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Kuru Biyokütle Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Kuru Biyokütle Verimi (kg/da)	Oluşan Gruplar
Alamo	1686,0	A*
Cave in Rock	1124,0	B
Cloud Nine	845,0	C
Kanlow	1756,6	A
Shawnee	1047,9	B
Ortalama	1291,7	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.7. Dallı Darı Çeşitlerinin Kuru Biyokütle Verimi (kg/da) Değişim Grafiği

Tablo 4.13'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, kuru biyokütle verimi açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı bitkisinde en yüksek kuru biyokütle verimi Kanlow (1756 kg/da) ve Alamo (1686 kg/da) çeşitlerinde, en düşük kuru biyokütle verimi ise Cloud Nine (845 kg/da) çeşidinde tespit edilmiştir. (Tablo 4.14). Ortalama biyokütle verimi 1291 kg/da olarak tespit edilmiş; Kanlow ve Alamo çeşitlerinin kuru biyokütle verimlerinin ortalamanın üzerinde olduğu, Cave in Rock, Shawnee ve Cloud Nine çeşitlerinin biyokütle veriminin ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.9).

Çalışma sonucunda kuru biyokütle verimi ile ilgili elde edilen bulgular; Grigatti et al. (2004)'nın 730-1440 kg/da, Fike et al. (2006)'nın yaylalık ekotiplerden 1260 kg/da ve ovalık ekotiplerden 1580 kg/da, Alexopoulou et al. (2008)'nin Yunanistan'da 1710 kg/da, Heaton et al. (2008)'nin ABD'nin Illinois eyaletinin merkezinde 1300-1980 kg/da ve Soylu vd. (2012)'nin Konya'da 2.yılda 340-1580 kg/da olarak elde ettikleri değerlerle benzerlik göstermektedir. Heaton et al. (2008)'nin ABD'nin Illinois eyaletinin güneyinde 670-870 kg/da, kuzeyinde 780-810 kg/da ve Knoll et al. (2012)'nin 860 kg/da olarak elde ettikleri değerler yapılan çalışmadaki değerlerden daha düşük bulunmuştur. Vamvuka et al. (2010)'nin 1540-2400 kg/da olarak elde ettikleri değerler ise yüksek bulunmuştur. Bazı araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri değerlerin farklı olmasının en büyük sebeplerinden birisi ekolojik faktörlerdir. Nitekim yukarıda bazı araştırmacıların aynı genotiplerle farklı lokasyonlarda yaptıkları çalışmada farklı bulgular elde etmiş olması, ekolojik faktörlerin önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

4.6. Sorgum & Sudan Otu Melezi Sap Verimi (kg/da)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin sap verimine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.15'te verilmiştir. Sap veriminin; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.16'da ve değişim grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.15. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	90723	45361	
Çeşit	9	29598692	3288744	199,51**
Yıl	1	89549	89549	5,43*
Çeşit x Yıl	9	4030204	447800	27,17**
Hata	38	626396	16484	
Genel	59	34435564		
DK: %3,33				

* $p \leq \%5$, ** $p \leq \%1$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

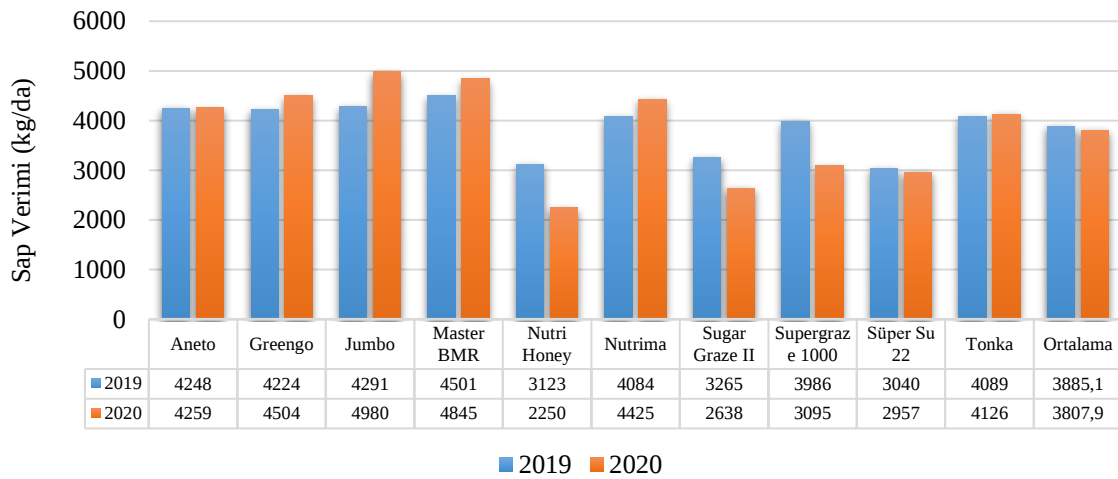
Tablo 4.16. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Verimi (kg/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Sap Verimi (kg/da) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	4248 cde*	4259 cde	4253 BC ⁺
Greengo	4224 cde	4504 bc	4364 B
Jumbo	4291 cde	4980 a	4635 A
Master BMR	4501 bc	4845 ab	4673 A
Nutri Honey	3123 f	2250 h	2687 F
Nutrima	4084 de	4425 cd	4255 BC
Sugar Graze II	3265 f	2638 gh	2952 E
Supergraze 1000	3986 e	3095 f	3540 D
Süper Su 22	3040 f	2957 fg	2998 E
Tonka	4089 de	4126 cde	4107 C
Ortalama	3885 A⁺⁺	3807 B	3846

⁺ Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

⁺⁺ Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,05$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.11. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Sap Verimi (kg/da) Değişim Grafiği

Tablo 4.15'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin sap verimi yönünden saptanan farklılığın çeşit ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli, yıl açısından ise ($p < 0,05$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek sap verimi Master BMR (4673 kg/da) ve Jumbo (4635 kg/da) çeşitlerinde, en düşük sap verimi ise Nutri Honey (2687 kg/da) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama sap verimi 3846,4 kg/da olarak tespit edilmiş; Master BMR, Jumbo, Greengo, Nutrima, Aneto ve Tonka çeşitlerinin sap veriminin ortalamanın üzerinde olduğu, Supergraze 1000, Süper Su 22, Sugar Graze II ve Nutri Honey çeşitlerinin sap veriminin ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.16). Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, sap verimi değerlerinin 2250 kg/da ile 4980 kg/da arasında olduğu görülmektedir. En yüksek sap verimi 2020 yılında Jumbo (4980 kg/da) çeşidinden, en düşük sap verimi ise 2020 yılında Nutri Honey (2250 kg/da) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama sap verimi (3885,1 kg/da) 2020 yılındaki ortalama sap veriminden (3807,9 kg/da) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.11).

Sap verimi ile ilgili elde edilen bulgular; Rao et al. (2013)'nın 2940-4650 kg/da, Rutto et al. (2013)'nin 3 yıllık yaptığı çalışmada 2.yılda 2090-5380 kg/da, 3.yılda 2640-5100 kg/da, Sawargaonkar et al. (2013)'nin 3880 kg/da ve Usofzadeh et al. (2013)'nin 1215-3091 kg/da olarak elde ettikleri değerlerle paralellik göstermektedir. Rutto et al. (2013)'nin 1.yılda 2580-2990 kg/da olarak elde ettikleri değerden yüksek, Khalil et al. (2015)'nin 6190-8000

kg/da olarak elde ettikleri değerlerden düşük bulunmuştur. Biyokütle verimi sap verimine doğrudan etki etmektedir. Dolayısıyla biyokütle verimindeki farklılığa sebep olan faktörler burada da geçerlidir. Nitekim biyokütle verimleri incelendiğinde Jumbo ve Master BMR en yüksek biyokütle verimi elde edilen çeşitlerdir.

4.7. Sorgum & Sudan Otu Melezi Sap Özsuğu Verimi (l/da)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin sap özsuğu verimine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir. Sap özsuğu veriminin; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.18’de ve değişim grafiğı Şekil 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.17. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Özsuğu Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	36245	18123	
Çeşit	9	7334096	814900	158,29**
Yıl	1	4620	4620	0,90 ^{öd}
Çeşit x Yıl	9	854022	94891	18,43**
Hata	38	195635	5148	
Genel	59	8424618		
DK: %4,58				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli, ^{öd} önemli değil

Tablo 4.17’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin sap özsuğu verimi yönünden saptanan farklılığın çeşit ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli, yıl açısından ise önemli olmadığı görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek sap özsuğu verimi Jumbo (2139,3 l/da) çeşidinde, en düşük sap özsuğu verimi ise Süper Su 22 (1054,9 l/da), Sugar Graze II (1098,9 l/da) ve Nutri Honey (1180,3 l/da) çeşitlerinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama sap özsuğu verimi 1565,6 l/da olarak tespit edilmiş; Jumbo, Aneto, Nutrima, Master BMR, Greengo ve Tonka çeşitlerinin sap özsuğu verimi ortalamanın üzerinde olduğu, Supergraze 1000, Nutri Honey, Sugar Graze II ve Süper Su 22 çeşitlerinin sap özsuğu verimi ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.18).

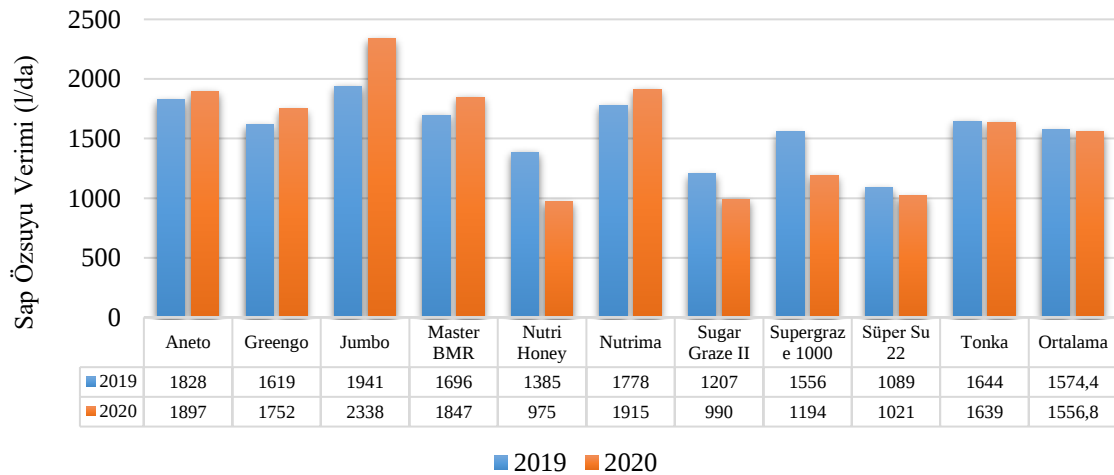
Tablo 4.18. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Sap Özsuğu Verimi (l/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Sap Özsuğu Verimi (l/da) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	1828,2 b-e	1896,8 bc	1862,5 B ⁺
Greengo	1619,0 ef	1752,4 b-f	1685,7 C
Jumbo	1940,7 b	2337,8 a	2139,3 A
Master BMR	1696,3 c-f	1846,5 bcd	1771,4 BC
Nutri Honey	1385,2 gh	975,3 j	1180,3 E
Nutrima	1777,8 b-f*	1915,4 bc	1846,6 B
Sugar Graze II	1207,4 hi	990,4 ij	1098,9 E
Supergraze 1000	1555,6 fg	1193,5 hij	1374,5 D
Süper Su 22	1088,9 ij	1020,9 ij	1054,9 E
Tonka	1644,4 def	1638,9 def	1641,7 C
Ortalama	1574,3⁺⁺	1556,8	1565,6

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, istatistiksel olarak önemli değildir.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl etkileşimi ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.9. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Sap Özsuğu Verimi (l/da) Değişim Grafiği

Araştırmanın yıl x çeşit etkileşimine ait veriler incelendiğinde, sap özsuğu verimi değerlerinin 975,3 l/da ile 2337,8 l/da arasında olduğu görülmektedir. En yüksek sap özsuğu verimi 2020 yılında Jumbo (2337,8 l/da) çeşidinden, en düşük sap özsuğu verimi ise 2020 yılında Nutri Honey (975,3 l/da) çeşidinden elde edilmiştir (Şekil 4.9).

Biyokütle verimi sap verimini, sap verimi de sap özsuğunu direkt etkilemektedir. Nitekim biyokütle ve sap verimi en yüksek olan Jumbo çeşididir. Biyoyakıt üretiminde sap verimi ve sapta şeker içeriği ile özsuğu verimi en önemli parametrelerdir (Murray et al. 2008; Pfeiffer et al. 2010). Biyoetanol üretim amacıyla sorgumla ilgili yapılan çalışmalarda

özsuyu verimi; Davila-Gomez et al. (2011) 1500-2830 l/da, Horton (2011) 402-3817 l/da, Nasidi et al. (2013) 2330-2559 l/da, Rutto et al. (2013) 1200-2340 l/da, Sawargaonkar et al. (2013) 1377 l/da, Khalil et al. (2015) 1640-2450 l/da ve Cole et al. (2017) 1835-2564 l/da olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir. Bu bulgular ile mevcut çalışmadaki bulgular benzerlik göstermektedir. DüNDAR vd. (2019)'nin 2310-3997 l/da ve Yücel vd. (2020)'nin 2298-6274 l/da olarak elde ettikleri değerler mevcut çalışmada elde edilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

4.8. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF) Oranı (%)

4.8.1. Dallı Darı ADF Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin ADF oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.19'da, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.20'de ve değişim grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.19. Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

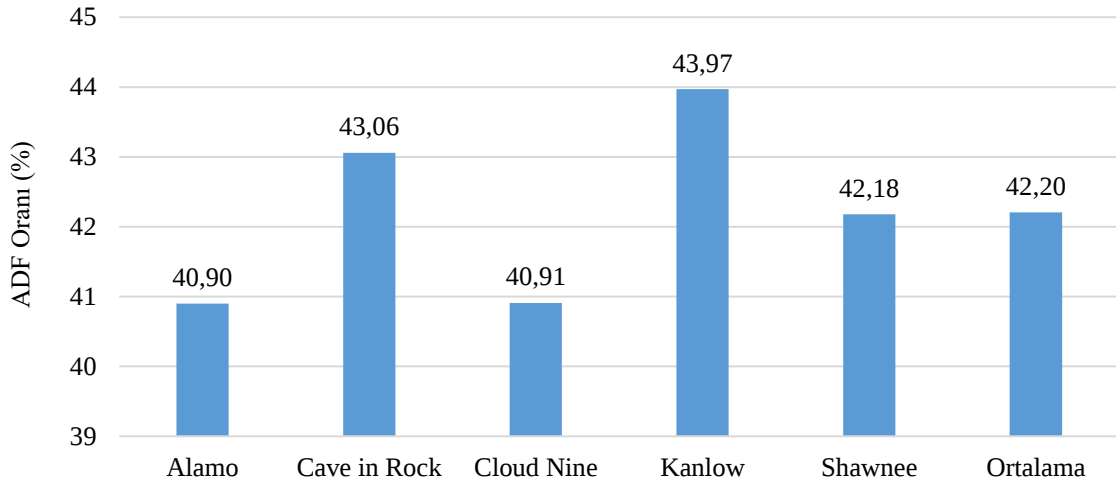
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,6988	0,2329	
Çeşit	4	28,8810	7,2203	15,09**
Hata	12	5,7405	0,4784	
Genel	19	35,3204		
DK: %1,63				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.20. Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	ADF Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	40,90	C*
Cave in Rock	43,06	AB
Cloud Nine	40,91	C
Kanlow	43,97	A
Shawnee	42,18	BC
Ortalama	42,20	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.10. Dalı Darı Çeşitlerinin ADF Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.19’da görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dalı darı çeşitleri arasında, ADF oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dalı darı çeşitlerinde en yüksek ADF oranı Kanlow (%43,97) çeşidinde ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Cave in Rock (%43,06) çeşidinde, en düşük ADF oranı ise Alamo (%40,90) ve Cloud Nine (%40,91) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.20). Ortalama ADF oranı %42,20 olarak tespit edilmiş; Kanlow ve Cave in Rock çeşitlerinin ADF oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Shawnee, Cloud Nine ve Alamo çeşitlerinin ADF oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.10).

Ekolojik faktörlerin, yapısal karbonhidratların oluşumunda ve depolanmalarında büyük bir öneme sahiptir. Çünkü fotosentez, solunum vb. unsurlar yapısal karbonhidratların oluşumuyla önemli bir ilişki içerisindedir (Çelikaş vd. 2017). Lemus et al. (2002)’nin %42,1, Çelikaş vd. (2017)’nin Hatay lokasyonunda %33-50 ve Kırşehir lokasyonunda %34-45 olarak elde ettikleri bulgular ile bu çalışmadaki bulgular birbirine paralellik göstermektedir.

4.8.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi ADF Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ADF oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.21’de verilmiştir. ADF oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksiyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.22’de ve değişim grafiği Şekil 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.21. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,723	0,361	
Çeşit	9	380,701	42,300	205,47**
Yıl	1	637,328	637,328	3095,83**
Çeşit x Yıl	9	88,143	9,794	47,57**
Hata	38	7,823	0,206	
Genel	59	1114,718		
DK: %1,10				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

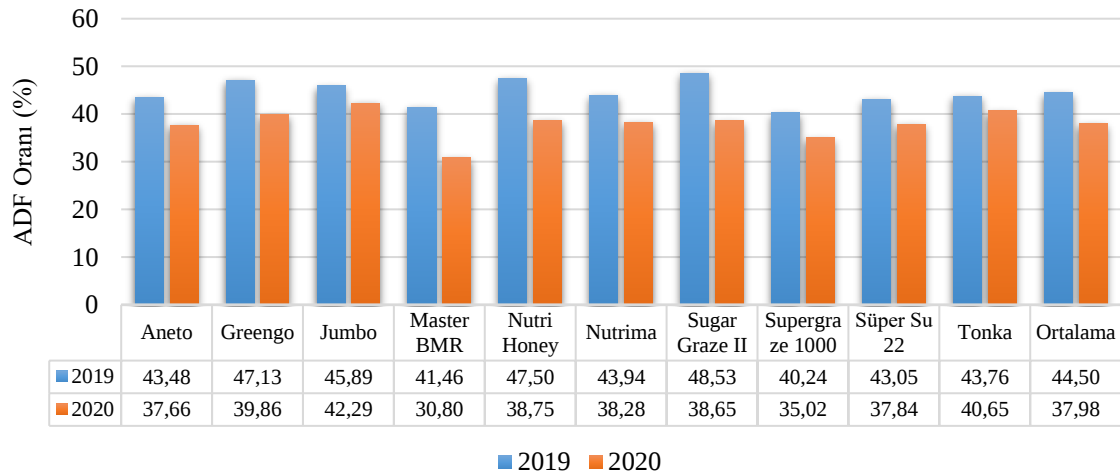
Tablo 4.22. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	ADF Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	43,48 cd*	37,66 ı	40,57 D ⁺
Greengo	47,13 ab	39,86 gh	43,50 AB
Jumbo	45,89 b	42,29 de	44,09 A
Master BMR	41,46 ef	30,80 k	36,13 F
Nutri Honey	47,50 a	38,75 hı	43,12 B
Nutrma	43,94 c	38,28 ı	41,11 D
Sugar Graze II	48,53 a	38,65 hı	43,59 AB
Supergraze 1000	40,24 fg	35,02 j	37,63 E
Süper Su 22	43,05 cd	37,84 ı	40,45 D
Tonka	43,76 c	40,65 fg	42,20 C
Ortalama	44,50 A⁺⁺	37,98 B	41,24

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

++ Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl etkileşimi ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.11. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin ADF Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.21’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ADF oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek ADF oranı Jumbo (%44,09) çeşidinde ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Sugar Graze II (%43,59), Greengo (%43,50) çeşitlerinde, en düşük ADF oranı ise Master BMR (%36,13) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama ADF oranı %41,24 olarak tespit edilmiş; Jumbo, Sugar Graze II, Greengo, Nutri Honey ve Tonka çeşitlerinin ADF oranı ortalamasının üzerinde olduğu, Nutrimea, Aneto, Süper Su 22, Supergraze 1000 ve Master BMR çeşitlerinin ADF oranı ise ortalamasının altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.22).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, ADF oranlarının %30,80 ile %48,53 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek ADF oranı 2019 yılında Sugar Graze II (%48,53), en düşük ADF oranı ise 2020 yılında Master BMR (%30,80) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama ADF oranı (%44,50) 2020 yılındaki ortalama ADF oranından (%38,00) daha yüksek bulunmuştur. (Şekil 4.11).

Bazı araştırmacılar tarafından; Tosunoğlu (2014) %34,1-40,1, Özmen (2017) %36,89-49,65, Kır ve Dursun-Şahan (2019) %31,0-37,4, Bilen ve Türk (2021) %35,86-40,15 olarak ADF oranı ile ilgili elde edilen bulgular mevcut çalışmadaki bulgularla uyumludur.

4.9. Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) Oranı (%)

4.9.1. Dallı Darı NDF Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin NDF oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.23’te, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.24’te ve değişim grafiği Şekil 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.23. Dallı Darı Çeşitlerine Ait NDF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

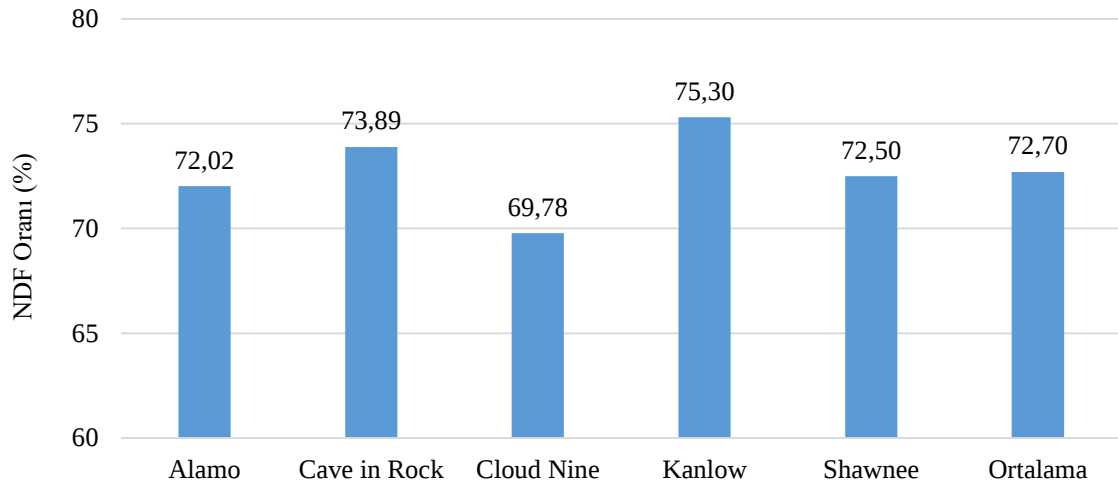
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	1,1267	0,3756	
Çeşit	4	68,6231	17,1558	218,17**
Hata	12	0,9436	0,0786	
Genel	19	70,6935		
DK: %0,38				

** $p \leq 0.01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.24. Dallı Darı Çeşitlerine Ait NDF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	NDF Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	72,02	C*
Cave in Rock	73,89	B
Cloud Nine	69,78	D
Kanlow	75,30	A
Shawnee	72,50	C
Ortalama	72,70	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.12. Dallı Darı Çeşitlerinin NDF Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.23'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, NDF oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek NDF oranı Kanlow (%75,30) çeşidinde, en düşük NDF oranı ise Cloud Nine (%69,78) ve çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.24). Ortalama NDF oranı %72,70 olarak tespit edilmiş; Kanlow ve Cave

in Rock çeşitlerinin NDF oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Shawnee, Alamo ve Cloud Nine çeşitlerinin NDF oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.12).

ADF oranında belirtilen unsurlar NDF oranı içinde geçerlidir. Çeliktaş vd. (2017), gece-gündüz arasındaki sıcaklığın fazla olması ve buna bağlı olarak solunum kaybının az olması karbonhidratların depolanmasına olumlu etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma yerinin karasal iklime sahip olması nedeniyle gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazla olmaktadır. Çalışma sonucunda NDF oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Lemus et al. (2002)'nin %73,1, Çeliktaş vd. (2017)'nin Hatay lokasyonunda %64-77 ve Kırşehir lokasyonunda %63-72 olarak elde ettikleri bulgular ile benzerlik göstermektedir.

4.9.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi NDF Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin NDF oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.25'te verilmiştir. NDF oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.26'da ve değişim grafiği Şekil 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.25. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait NDF Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	1,009	0,505	
Çeşit	9	616,400	68,489	229,47**
Yıl	1	854,300	854,300	2862,31**
Çeşit x Yıl	9	172,884	19,209	64,36**
Hata	38	11,342	0,298	
Genel	59	1655,935		
DK: %0,88				

** p≤%1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

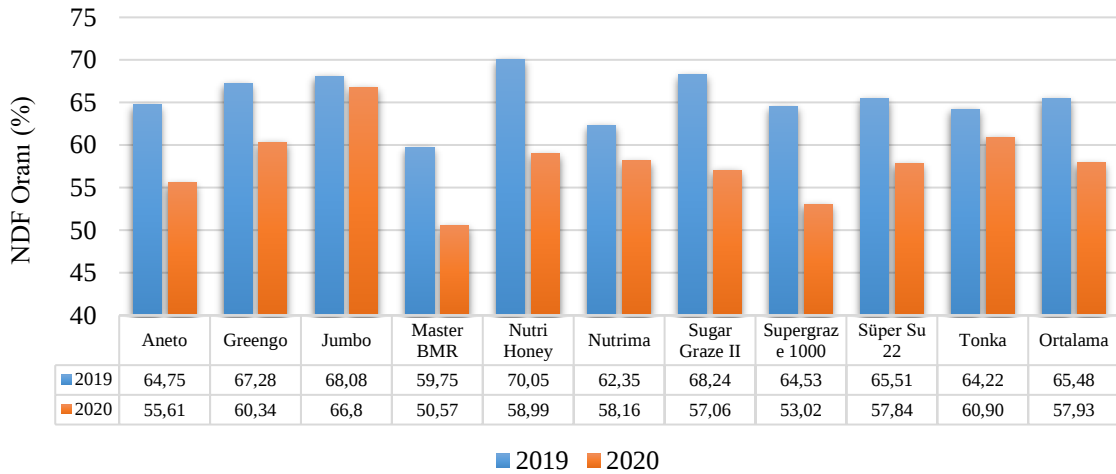
Tablo 4.26. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait NDF Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	NDF Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	64,75 d*	55,61 k	60,18 D ⁺
Greengo	67,28 b	60,34 fg	63,81 B
Jumbo	68,08 b	66,80 bc	67,44 A
Master BMR	59,75 fgh	50,57 m	55,16 F
Nutri Honey	70,05 a	58,99 ghı	64,52 B
Nutrima	62,35 e	58,16 hıj	60,26 D
Sugar Graze II	68,24 b	57,06 jk	62,65 C
Supergraze 1000	64,53 d	53,02 l	58,77 E
Süper Su 22	65,51 cd	57,84 ij	61,67 C
Tonka	64,22 d	60,90 ef	62,56 C
Ortalama	65,48 A⁺⁺	57,93 B	61,70

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl etkisi Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.13. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin NDF Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.25'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin NDF oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl etkisi açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek NDF oranı Jumbo (%67,44) çeşidinde, en düşük NDF oranı ise Master BMR (55,16) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama NDF oranı %61,70 olarak tespit edilmiş; Jumbo, Nutri Honey, Greengo, Sugar Graze II ve Tonka çeşitlerinin NDF oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Süper Su 22, Nutrima, Aneto, Supergraze 1000 ve Master BMR çeşitlerinin NDF oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.26).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksiyonuna ait veriler incelendiğinde, NDF oranı değerlerinin %50,57 ile %70,05 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek NDF oranı 2019 yılında Nutri Honey (%70,05) çeşidinden, en düşük NDF oranı ise 2020 yılında Master BMR (%50,57) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama NDF oranı (%65,48) 2020 yılındaki ortalama NDF oranından (%57,93) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.13).

Çalışma sonucunda NDF oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Tosunoğlu (2014)'nın, %62,7-%72,1, Özmen (2017)'in %55,81-76,11, Kır ve Dursun Şahan (2019)'ın %44,6-57,2, Bilen ve Türk (2021)'ün %56,11-58,12 olarak elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

4.10. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lignin (ADL) Oranı (%)

4.10.1. Dallı Darı ADL Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin ADL oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.27'de, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.28'de ve değişim grafiği Şekil 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.27. Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADL Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

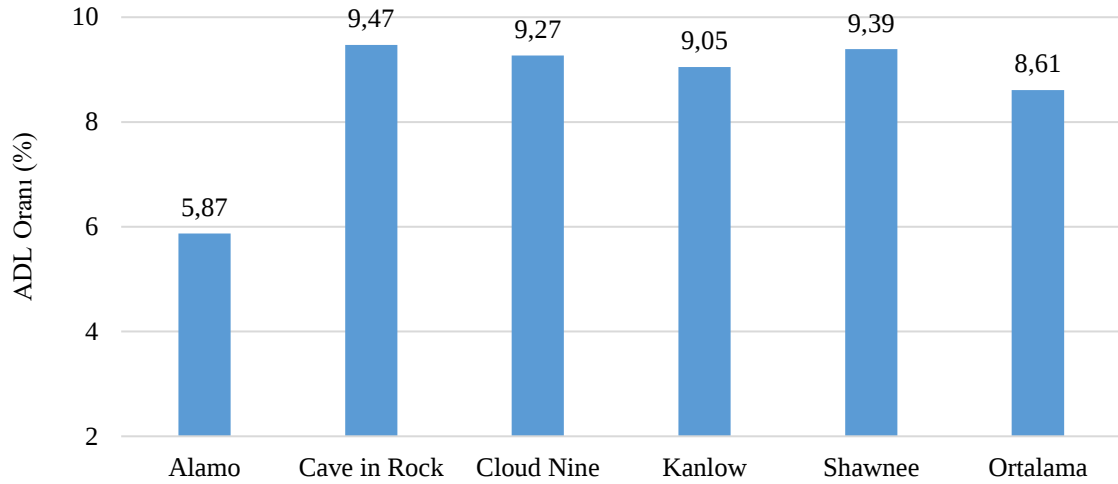
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,1852	0,0617	
Çeşit	4	37,7750	9,4437	118,09**
Hata	12	0,9597	0,0800	
Genel	19	38,9199		
DK: %3,28				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.28. Dallı Darı Çeşitlerine Ait ADL Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	ADL Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	5,87	B*
Cave in Rock	9,47	A
Cloud Nine	9,27	A
Kanlow	9,05	A
Shawnee	9,39	A
Ortalama	8,61	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.14. Dalı Darı Çeşitlerinin ADL Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.27’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dalı darı çeşitleri arasında, ADL oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dalı darı çeşitlerinde en yüksek ADL oranı Cave in Rock (%9,47), Shawnee (%9,39), Cloud Nine (%9,27) ve Kanlow (%9,05) çeşitlerinde, en düşük ADL oranı ise Alamo (%5,87) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.28) Alamo çeşidi dışındaki tüm çeşitler istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Ortalama ADL oranı %8,61 olarak tespit edilmiş; Alamo çeşidi dışındaki tüm çeşitler ortalamanın üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.14).

Lignin oranının düşük olması istenir. Bunun sebebi; yapısal karbonhidratların serbest kalma ve bunların fermente olabilir şekerlere dönüşümü ile etanol verimini etkileyen en önemli parametrelerden birisi olmasıdır (Cole et al. 2013; Çeliktas vd. 2017). Dolayısıyla biyokütle lignin içeriğinin mutlaka bilinmesi gereklidir. Çalışma sonucunda ADL oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Çeliktas vd. (2017)’nin Hatay lokasyonunda %2,4-6,2, Kırşehir lokasyonunda %2,5-5,5 ve Başar vd. (2020)’nin %5,57 olarak elde ettikleri bulgularla yüksek; Gupta ve Demirbaş (2010)’ın %12 ve Hu et al. (2017)’nin %19,6 olarak elde ettikleri değerlerden düşük bulunmuştur. Lemus et al. (2002)’nin %6,1, McKendry (2002)’in %5-20 ve Karp ve Shield (2008)’in %6,1 olarak elde ettikleri bulgularla paralellik göstermiştir.

4.10.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi ADL Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ADL oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.29’da verilmiştir. ADL oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.30’da ve değişim grafiği Şekil 4.15’te verilmiştir.

Tablo 4.29. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADL Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,0648	0,0324	
Çeşit	9	101,7222	11,3025	103,67**
Yıl	1	15,5314	15,5314	142,45**
Çeşit x Yıl	9	28,7235	3,1915	29,27**
Hata	38	4,1430	0,1090	
Genel	59	150,1850		
DK: %3,04				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

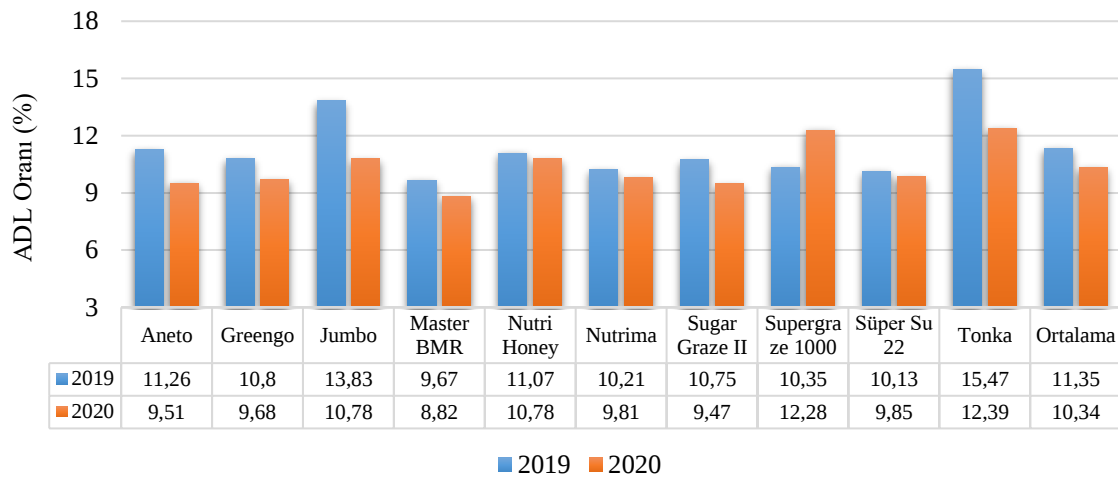
Tablo 4.30. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait ADL Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	ADL Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	11,26 de*	9,51 hı	10,38 DE ⁺
Greengo	10,80 efg	9,68 hı	10,24 E
Jumbo	13,83 b	10,78 efg	12,30 B
Master BMR	9,67 hı	8,82 ı	9,24 F
Nutri Honey	11,07 ef	10,78 efg	10,92 CD
Nutrima	10,21 fgh	9,81 ghı	10,01 E
Sugar Graze II	10,75 efg	9,47 hı	10,11 E
Supergraze 1000	10,35 e-h	12,28 cd	11,32 C
Süper Su 22	10,13 fgh	9,85 gh	9,99 E
Tonka	15,47 a	12,39 c	13,93 A
Ortalama	11,35 A⁺⁺	10,34 B	10,84

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.15. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin ADL Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.29’da görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ADL oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek ADL oranı Tonka (%13,93) çeşidinde, en düşük ADL oranı ise Master BMR (%9,24) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama ADL oranı %10,84 olarak tespit edilmiş; Tonka, Jumbo, Supergraze 1000 ve Nutri Honey çeşitlerinin ADL oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Aneto, Greengo, Sugar Graze II, Nutrima, Süper Su 22 ve Master BMR çeşitlerinin ADL oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.30).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, ADL oranı değerlerinin %8,82 ile %15,47 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek ADL oranı 2019 yılında Tonka (%15,47) çeşidinden, en düşük ADL oranı ise 2020 yılında Master BMR (%8,82) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama ADL oranı (%11,35) 2020 yılındaki ortalama ADL oranından (%10,34) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.15).

Sorgumla ilgili yapılan çalışmalarda araştırmacılar tarafından elde edilen ADL oranı, mevcut çalışmadaki bulgularla benzerlik göstermektedir [Khalil et al. (2015) %5,1-11,3 ve Nazlı (2020) %8,9-12,2]. Mehmood et al. (2014)’nın %17,92-19,65 ve Batog et al. (2020)’nın %16,8-21,5 olarak elde ettikleri bulgulardan ise düşük bulunmuştur.

4.11. Selüloz Oranı (%)

4.11.1. Dallı Darı Selüloz Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin selüloz oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.31’de, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.32’de ve değişim grafiği Şekil 4.16’da verilmiştir.

Tablo 4.31. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

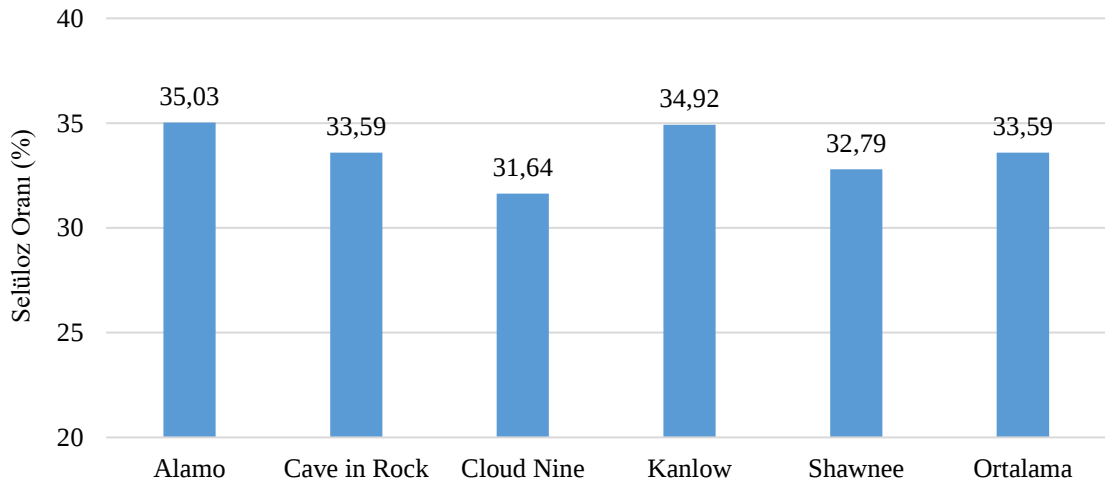
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,4883	0,1628	
Çeşit	4	33,1340	8,2835	11,17**
Hata	12	8,9016	0,7418	
Genel	19	42,5240		
DK: %2,56				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.32. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Selüloz Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	35,03	A*
Cave in Rock	33,59	AB
Cloud Nine	31,64	C
Kanlow	34,92	A
Shawnee	32,79	BC
Ortalama	33,59	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.16. Dallı Darı Çeşitlerinin Selüloz Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.31’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, selüloz oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek selüloz oranı Alamo (%35,03) ile Kanlow (%34,92) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Cave in Rock çeşitlerinde, en düşük selüloz oranı ise Cloud Nine (%31,64) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.32). Ortalama selüloz oranı %33,59 olarak tespit edilmiş; Alamo ve Kanlow çeşitlerinin selüloz oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Shawnee ve Cloud Nine çeşitlerinin selüloz oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.16).

Hammade olan biyokütlenin yüksek oranlarda selüloz (ADF-ADL) içermesi yüksek etanol verimliliği açısından önemlidir. Biyokütle biyokimyasal yapısı üzerinde toprak ve ekolojik faktörlerin önemli etkisi vardır (Varanasi et al. 2012). Dallı darı ile ilgili yapılan çalışmalarda araştırmacılar; McKendry (2002)’nin %30-50, Karp ve Shield (2008)’in %31,6, Çelikleş vd. (2017)’nin Hatay lokasyonunda %30,3-45,8 ve Kırşehir lokasyonunda %30,1-41,3, Hu et al. (2017)’nin %30,3 ve Başar vd. (2020)’nin %33 olarak elde ettikleri selüloz oranları ile çalışma sonucunda elde edilen bulgular paralellik göstermektedir.

4.11.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Selüloz Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin selüloz oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.33’te verilmiştir. Selüloz oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksiyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.34’te ve değişim grafiği Şekil 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.33. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,454	0,227	
Çeşit	9	341,210	37,912	125,91**
Yıl	1	453,876	453,876	1507,31**
Çeşit x Yıl	9	145,371	16,152	53,64**
Hata	38	11,442	0,301	
Genel	59	952,353		
DK: %1,80				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

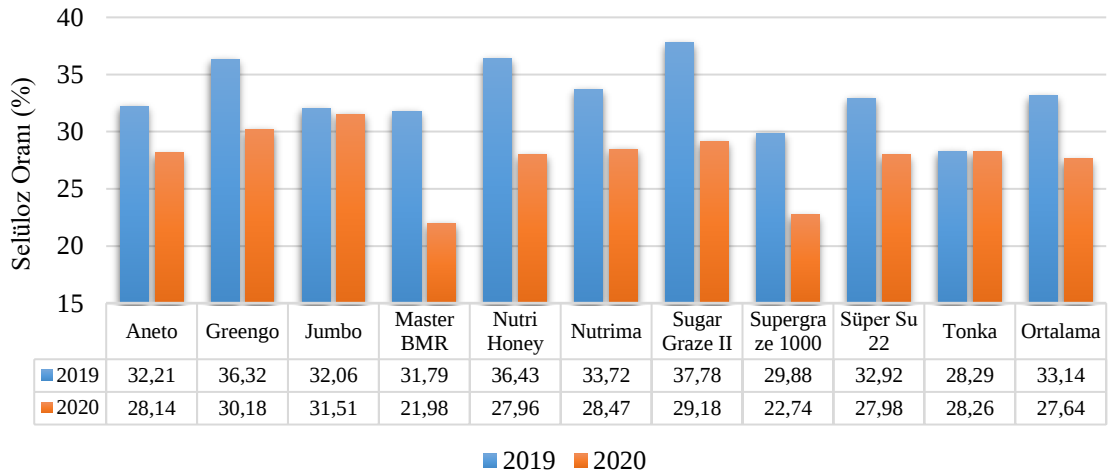
Tablo 4.34. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Selüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Selüloz Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	32,21 bc*	28,14 h	30,18 E ⁺
Greengo	36,32 a	30,18 def	33,25 AB
Jumbo	32,06 bc	31,51 cde	31,78 CD
Master BMR	31,79 cd	21,98 ı	26,89 G
Nutri Honey	36,43 a	27,96 h	32,20 BC
Nutrima	33,72 b	28,47 gh	31,09 DE
Sugar Graze II	37,78 a	29,18 fgh	33,48 A
Supergraze 1000	29,88 efg	22,74 ı	26,31 G
Süper Su 22	32,92 bc	27,98 h	30,45 E
Tonka	28,29 gh	28,26 gh	28,27 F
Ortalama	33,14 A⁺⁺	27,64 B	30,39

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

⁺⁺ Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl etkileşimi ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.17. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Selüloz Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.33'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin selüloz oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl etkileşimi açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek selüloz oranı Sugar Graze II (%33,48) çeşidinde ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Greengo (%33,25) çeşidinde, en düşük selüloz oranı ise Supergraze 1000 (%26,31) ve Master BMR (%26,89) çeşitlerinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama selüloz oranı (%30,39) olarak tespit edilmiş; Sugar Graze II, Greengo, Nutri Honey, Jumbo, Nutrima ve Süper Su 22 çeşitlerinin selüloz oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Aneto, Tonka, Master BMR ve

Supergraze 1000 çeşitlerinin selüloz oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.34).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, selüloz oranı değerlerinin %21,98 ile %37,78 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek selüloz oranı 2019 yılında Sugar Graze II (%37,78) çeşidinden, en düşük selüloz oranı ise 2020 yılında Master BMR (%21,98) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama selüloz oranı (%33,14) 2020 yılındaki ortalama selüloz oranından (%27,64) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.17).

Çalışma sonucunda selüloz oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Jeon et al. (2010)'nın %32,4, Khalil et al. (2015)'nin %20,8-26,1 ve Batog et al. (2020)'nin %21,9-32,6 olarak elde ettikleri bulgularla benzerlik gösterirken, Mehmood et al. (2014) tarafından %37,3-42,3 ve Nazlı (2020) tarafından %35-43,9 olarak elde edilen bulgulardan düşük bulunmuştur. Bu farkın sebebi çalışmalarda kullanılan genotiplerin farklılığından kaynaklandığı ön görülmektedir.

4.12. Hemiselüloz Oranı (%)

4.12.1. Dallı Darı Hemiselüloz Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin hemiselüloz oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.35'te, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.36'da ve değişim grafiği Şekil 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.35. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

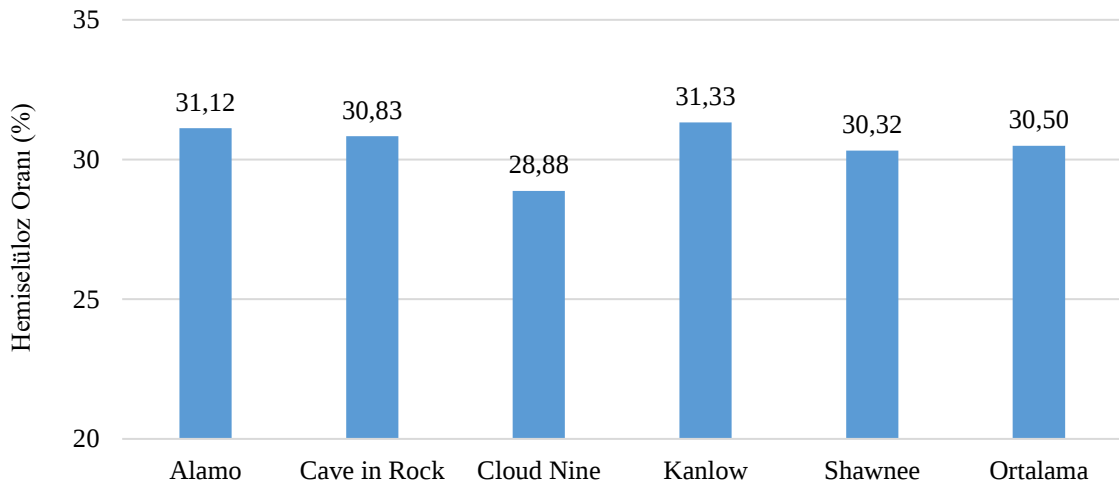
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,7220	0,2407	
Çeşit	4	15,3397	3,8349	6,31**
Hata	12	7,2926	0,6077	
Genel	19	23,3543		
DK: %2,55				

** p ≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.36. Dalı Darı Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Hemiselüloz Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	31,12	A*
Cave in Rock	30,83	A
Cloud Nine	28,88	B
Kanlow	31,33	A
Shawnee	30,32	AB
Ortalama	30,50	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.18. Dalı Darı Çeşitlerinin Hemiselüloz Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.35'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dalı darı çeşitleri arasında, hemiselüloz oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dalı darı çeşitlerinde en yüksek hemiselüloz oranı Kanlow (%31,33), Alamo (%31,12), Cave in Rock (%30,83) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Shawnee (%30,32) çeşitlerinde, en düşük hemiselüloz oranı ise Cloud Nine (%28,88) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.36). Ortalama hemiselüloz oranı %30,50 olarak tespit edilmiş; Kanlow, Alamo ve Cave in Rock çeşitlerinin hemiselüloz oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Shawnee ve Cloud Nine çeşitlerinin hemiselüloz oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.18).

Hammadde olan biyokütlenin yüksek oranlarda hemiselüloz (NDF-ADF) içermesi yüksek etanol verimliliği açısından önemlidir (Varanasi et al. 2012). Çalışma sonucunda elde edilen bulgular birçok araştırmacının yaptığı çalışmalarda elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir [McKendry (2002) %10-40, Lemus et al. (2002) %31,6, Gupta ve Demirbaş

(2010) %31,4, Çeliktas (2017) %19,8-37]. Karp ve Shield (2008) tarafından %36 ve Başar vd. (2020) tarafından %34,7 olarak elde edilen bulgular, mevcut çalışmadaki bulgulardan yüksek iken, Hu et al. (2017) tarafından %19,8 olarak elde edilen bulgu ise daha düşük bulunmuştur. Biyokütle biyokimyasal yapısı üzerinde toprak ve ekolojik faktörlerin önemli bir etkisi vardır.

4.12.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Hemiselüloz Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin hemiselüloz oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.37’de verilmiştir. Hemiselüloz oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksiyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.38’de ve değişim grafiği Şekil 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.37. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,998	0,499	
Çeşit	9	48,278	5,364	11,59**
Yıl	1	4,354	4,354	9,41**
Çeşit x Yıl	9	176,157	19,573	42,30**
Hata	38	17,582	0,463	
Genel	59	247,369		
DK: %3,36				

** p≤%1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

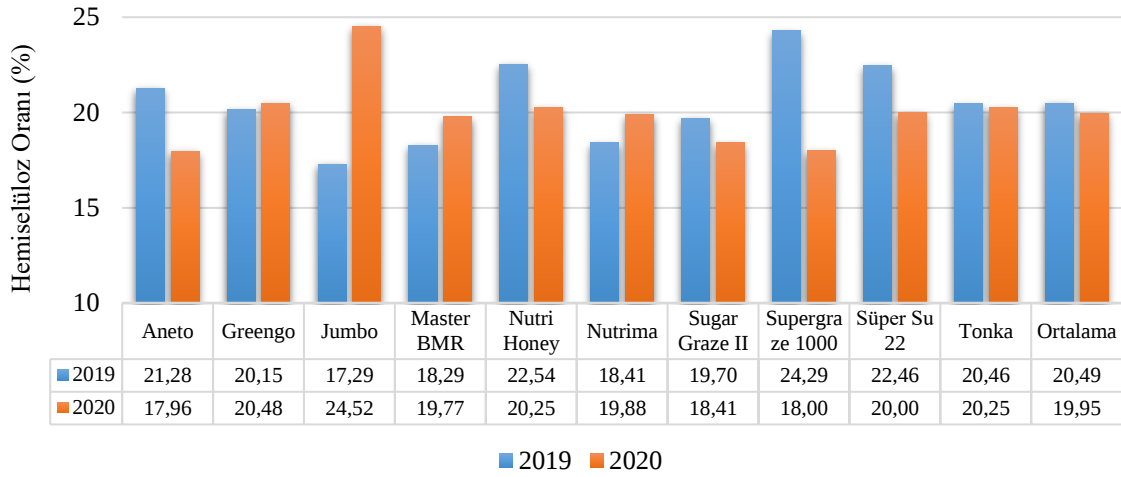
Tablo 4.38. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Hemiselüloz Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Hemiselüloz Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	21,28 bc*	17,96 fg	19,62 BCD ⁺
Greengo	20,15 cde	20,48 bcd	20,31 A-D
Jumbo	17,29 g	24,52 a	20,90 AB
Master BMR	18,29 efg	19,77 c-f	19,03 D
Nutri Honey	22,54 ab	20,25 cde	21,40 A
Nutrima	18,41 d-g	19,88 c-f	19,15 CD
Sugar Graze II	19,70 c-f	18,41 d-g	19,06 CD
Supergraze 1000	24,29 a	18,00 fg	21,15 A
Süper Su 22	22,46 ab	20,00 c-f	21,23 A
Tonka	20,46 bcd	20,25 cde	20,36 ABC
Ortalama	20,49 A ⁺⁺	19,95 B	20,22

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksiyonu ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.19. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Hemiselüloz Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.37’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin hemiselüloz oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek hemiselüloz oranı Nutri Honey (%21,40), Süper Su 22 (%21,23), Supergraze 1000 (%21,15) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Jumbo (%20,90), Tonka (%20,36) ve Greengo (%20,31) çeşitlerinde, en düşük hemiselüloz oranı ise Master BMR (%19,03) çeşitlerinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama hemiselüloz oranı %20,22 olarak tespit edilmiş; Nutri Honey, Süper Su 22, Supergraze 1000, Jumbo, Tonka ve Greengo çeşitlerinin hemiselüloz oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Aneto, Nutrima, Sugar Graze II ve Master BMR çeşitlerinin hemiselüloz oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.38).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, hemiselüloz oranı değerlerinin %17,29 ile %24,52 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek hemiselüloz oranı 2020 yılında Jumbo (%24,52), en düşük hemiselüloz oranı ise 2019 yılında Jumbo (%17,29) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama hemiselüloz oranı (%20,49) 2020 yılındaki ortalama hemiselüloz oranından (%19,95) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.19).

Sorgumda; Mehmood et al. (2014) tarafından %22-23,9 ve Nazlı (2020) tarafından %21,5-24,8 olarak elde edilen hemiselüloz oranı değerleri ile çalışmada elde edilen değerler

birbirine benzemektedir. Jeon et al. (2010) tarafından %27 ve Batog et al. (2020) tarafından %25,7-41,2 olarak elde edilen değerler mevcut çalışmadaki değerlerden daha yüksek iken, Khalil et al. (2015) tarafından %11,7-17,2 olarak elde edilen değerler ise daha düşük bulunmuştur.

4.13. Ham Kül Oranı (%)

4.13.1. Dallı Darı Ham Kül Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin ham kül oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.39’da, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.40’da ve değişim grafiği Şekil 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.39. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

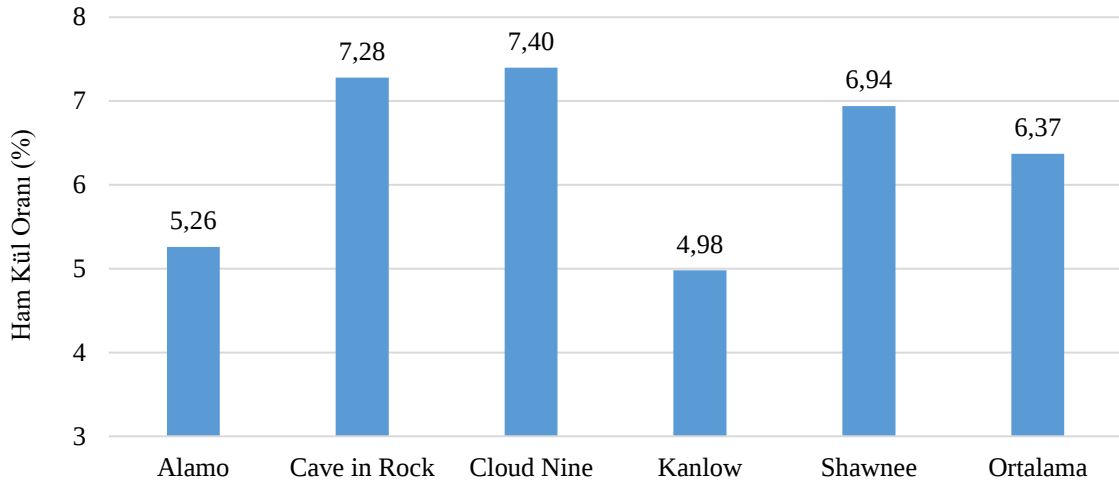
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,2390	0,0797	
Çeşit	4	21,4784	5,3696	251,01**
Hata	12	0,2567	0,0214	
Genel	19	21,9741		
DK: %2,29				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.40. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Ham Kül Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	5,26	C*
Cave in Rock	7,28	A
Cloud Nine	7,40	A
Kanlow	4,98	C
Shawnee	6,94	B
Ortalama	6,37	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.20. Dallı Darı Çeşitlerinin Ham Kül Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.39’da görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, ham kül oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek ham kül oranı Cloud Nine (%7,40) ve Cave in Rock (%7,28) çeşitlerinde, en düşük ham kül oranı ise Kanlow (%4,98) ve Alamo (%5,26) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.40). Ortalama ham kül oranı %6,37 olarak tespit edilmiş; Cloud Nine, Cave in Rock ve Shawnee çeşitlerinin ham kül oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Kanlow ve Alamo çeşitlerinin ham kül oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.20).

Biyoyakıt üretim aşamalarında sistem tıkanmalarının nedeni kül içeriğinin yüksek olmasıdır. Kül, atık madde oluşturması ve biyokütle kazanlarını kirlettiğinden dolayı zararlıdır (Miles et al. 1996). Bundan dolayı kül içeriğinin düşük olması istenir. Çalışma sonucunda ham kül oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Lemus et al. (2002)’nin %6,1, Coulsun et al. (2004)’nin %5,15-5,67, Grigatti et al. (2004)’nin %4,4-6,1, Xiong et al. (2008)’nin %3,4-5,6, Gupta ve Demirbaş (2010)’ın %4,5-5,8 ve Çeliktaş vd. (2017)’nin %4,7-17,2 olarak elde ettikleri bulgularla paralellik gösterirken, Karp ve Shield (2008)’in %3,7, Monti et al. (2008)’nin %3,2, Knoll et al. (2012)’nin %2,3-2,8 ve Hu et al. (2017)’nin %4,0 olarak elde ettikleri bulgulardan yüksek bulunmuştur. Farklılığın sebebi çalışmada kullanılan genotipler, toprak yapısı ve ekolojik faktörlerdir.

4.13.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Ham Kül Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ham kül oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.41’de verilmiştir. Ham kül oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksiyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.42’de ve değişim grafiği Şekil 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.41. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,00824	0,00412	
Çeşit	9	6,65029	0,73892	31,30**
Yıl	1	0,25206	0,25206	10,68**
Çeşit x Yıl	9	3,65834	0,40648	17,22**
Hata	38	0,89704	0,02361	
Genel	59	11,46598		
DK: %3,21				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

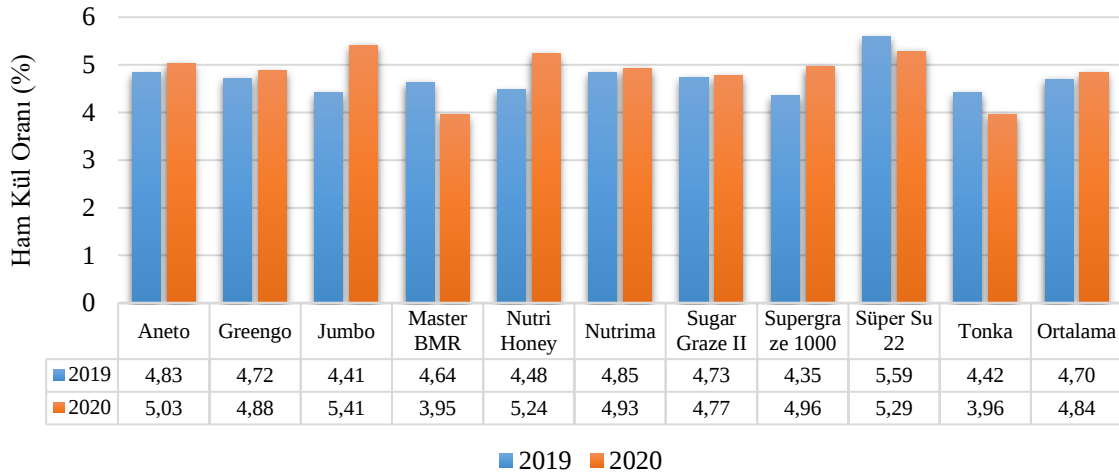
Tablo 4.42. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Ham Kül Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Ham Kül Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	4,83 c-f*	5,03 bcd	4,93 BC ⁺
Greengo	4,72 d-g	4,88 c-f	4,80 BC
Jumbo	4,41 efg	5,41 ab	4,96 B
Master BMR	4,64 d-g	3,95 h	4,30 D
Nutri Honey	4,48 efg	5,24 abc	4,86 BC
Nutrima	4,85 c-f	4,93 cde	4,89 BC
Sugar Graze II	4,73 d-g	4,77 d-g	4,75 BC
Supergraze 1000	4,35 gh	4,96 b-e	4,65 C
Süper Su 22	5,59 a	5,29 abc	5,44 A
Tonka	4,42 fgh	3,96 h	4,19 D
Ortalama	4,70 B⁺⁺	4,84 A	4,78

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksiyonu ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.21. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Ham Kül Oranı (%) Ait Değişim Grafiği

Tablo 4.41’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ham kül oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek ham kül oranı Süper Su 22 (%5,44) çeşidinde, en düşük ham kül oranı ise Tonka (%4,19) ve Master BMR (%4,30) çeşitlerinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama ham kül oranı %4,78 olarak tespit edilmiş; Süper Su 22, Jumbo, Aneto, Nutrima, Nutri Honey ve Greengo çeşitlerinin ham kül oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Sugar Graze II, Supergraze 1000, Master BMR ve Tonka çeşitlerinin ham kül oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.42).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, ham kül oranı değerlerinin %3,95 ile %5,59 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek ham kül oranı 2019 yılında Süper Su 22 (%5,59) çeşidinden, en düşük ham kül oranı ise 2020 yılında Master BMR (%3,95) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama ham kül oranı (%4,70) 2020 yılındaki ortalama ham kül oranından (%4,84) daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.21).

Kumari et al. (2013) ve Yücel vd. (2018) tarafından sorgum ile ilgili çalışmalarda ham kül oranı sırasıyla %5,62-6,76 ve %3,7-7,8 olarak elde edilen değerlerle çalışmadaki değerler birbirine benzemektedir. Mehmood et al. (2014)’nın %5,96-7,40 ve Chakravarthi et al. (2017)’nin %6,15-13,08 olarak elde ettikleri bulgular ise mevcut çalışmadaki bulgulardan daha yüksek bulunmuştur. Farklılığın sebebi çalışmalarda kullanılan genotipler, toprak

yapısı ve ekolojik faktörlerdir. Biyokütlerde istenmeyen bir özellik olan kül içeriği, incelenen çeşitlerde kabul edilebilir sınırlar içerisinde tespit edilmiştir.

4.14. Karbon (C) Oranı (%)

4.14.1. Dallı Darı C Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin C oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.43'te, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.44'te ve değişim grafiği Şekil 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.43. Dallı Darı Çeşitlerine Ait C Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

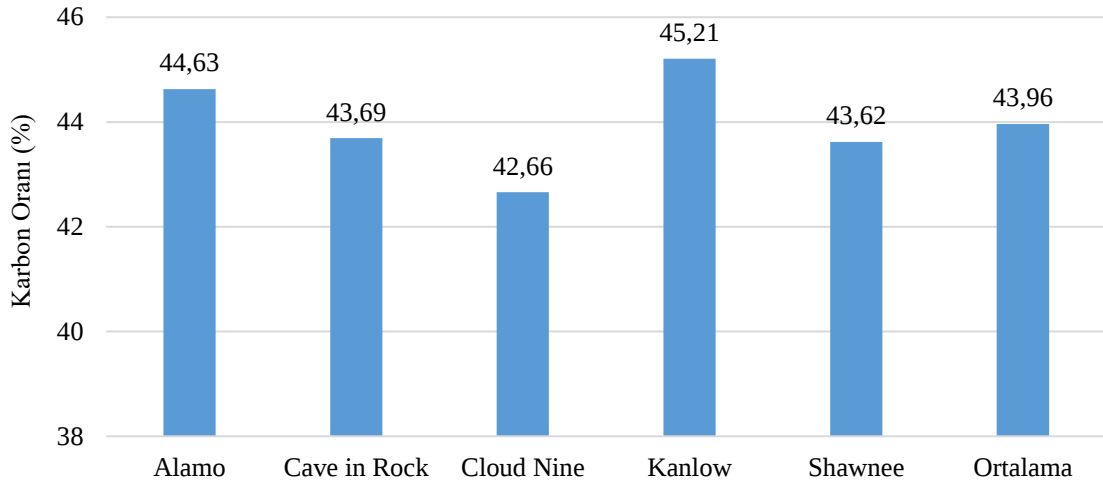
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,8244	0,2748	
Çeşit	4	15,5571	3,8893	22,70**
Hata	12	2,0562	0,1714	
Genel	19	18,4377		
DK: %0,94				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.44. Dallı Darı Çeşitlerine Ait C Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	C Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	44,63	A*
Cave in Rock	43,69	B
Cloud Nine	42,66	C
Kanlow	45,21	A
Shawnee	43,62	B
Ortalama	43,96	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.22. Dallı Darı Çeşitlerinin C Oranlarına (%) Ait Değişim Grafiği

Tablo 4.43'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, C oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek C oranı Kanlow (%45,21) Alamo (%44,63) çeşitlerinde, en düşük C oranı ise Cloud Nine (%42,66) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.44). Ortalama C oranı %43,96 olarak tespit edilmiş; Kanlow ve Alamo çeşitlerinin C oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Cave in Rock, Shawnee ve Cloud Nine çeşitlerinin C oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.22).

Biyokütlenin elementel içeriği, biyoküle potansiyel enerjisinin bir göstergesidir. Ayrıca çevresel salınım oranlarının belirlenebilmesi açısından oldukça önemli parametrelerdir. Karbon içeriği; biyokütlenin yakıt ve yanma özelliği açısından en önemli özelliklerden birisidir (Oberberger et al. 2006; Çeliktaş et al. 2017). Çalışma sonucunda C oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Xioing et al. (2008)'nin %46,51-46,88, Vamvuka et al. (2010)'nin %41,1-46,0, Çeliktaş vd. (2017)'nin Hatay lokasyonunda %39,57-45,26, Kırşehir lokasyonunda %37,99-45,91, Hu et al. (2017)'nin %44,0 ve Başar vd. (2020)'nin %41,95 olarak elde ettikleri bulgularla benzerlik göstermektedir. Elde edilen karbon içerikleri kaliteli bir yakıtta bulunması gereken değerlere yakın bulunmuştur.

4.14.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi C Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin C oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.45'te verilmiştir. C oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.46'da ve değişim grafiği Şekil 4.23'te verilmiştir.

Tablo 4.45. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait C Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,0658	0,0329	
Çeşit	9	15,5782	1,7309	27,59**
Yıl	1	2,1191	2,1191	33,78**
Çeşit x Yıl	9	4,6110	0,5123	8,17**
Hata	38	2,3840	0,0627	
Genel	59	24,7581		
DK: %0,59				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

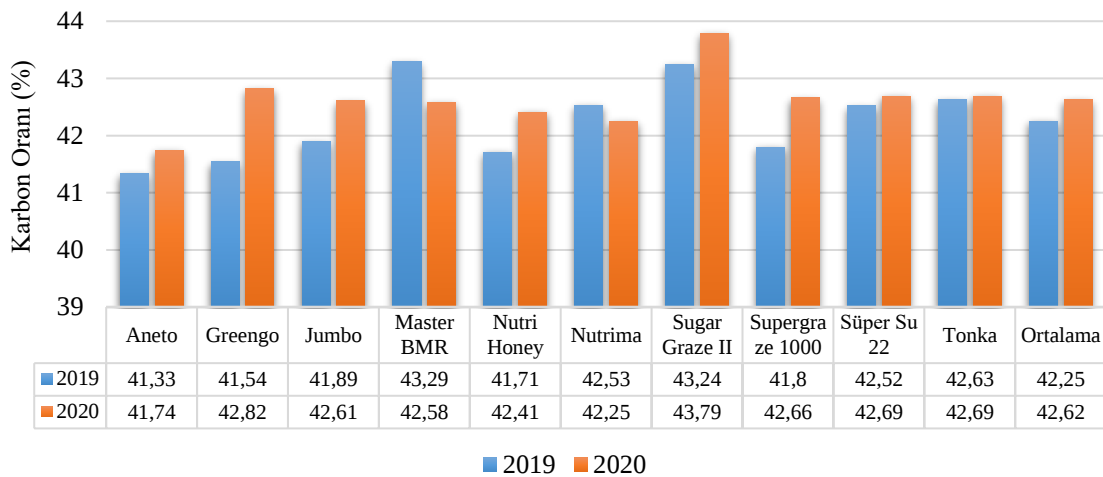
Tablo 4.46. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait C Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	C Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	41,33 h *	41,74 fgh	41,54 E ⁺
Greengo	41,54 gh	42,82 bc	42,18 CD
Jumbo	41,89 d-h	42,61 bcd	42,25 CD
Master BMR	43,29 ab	42,58 bcd	42,94 B
Nutri Honey	41,71 fgh	42,41 c-f	42,06 D
Nutrima	42,53 b-e	42,25 c-g	42,39 CD
Sugar Graze II	43,24 ab	43,79 a	43,52 A
Supergraze 1000	41,80 e-h	42,66 bcd	42,23 CD
Süper Su 22	42,52 b-e	42,69 bc	42,61 BC
Tonka	42,63 bcd	42,69 bc	42,66 BC
Ortalama	42,25 B ⁺⁺	42,62 A	42,44

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.23. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin C Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.45'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin C oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek C oranı Sugar Graze II (%43,52) çeşidinde, en düşük C oranı ise Aneto (%41,54) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama C oranı %42,44 olarak tespit edilmiş; Sugar Graze II, Master BMR, Tonka ve Süper Su 22 çeşitlerinin C oranı ortalamanın üzerinde, Nutrima, Jumbo, Supergraze 1000, Greengo, Nutri Honey ve Aneto çeşitlerinin C oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.46).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, C oranı değerlerinin %41,33 ile %43,79 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek C oranı 2020 yılında Sugar Graze II (%43,79) çeşidinden, en düşük C oranı ise 2019 yılında Aneto (%41,33) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama C oranı (%42,25) 2020 yılındaki ortalama C oranından (%42,62) daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.23).

Vassilev et al. (2010) tarafından 86 çeşit biyokütlede C oranı %42-71 ve Yue et al. (2017) tarafından %43,11 olarak elde edilen bulgularla mevcut çalışmadaki bulgular paralellik gösterirken, Eren (2011) tarafından %47,68 olarak elde edilen bulgu ise daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen karbon içerikleri kaliteli bir yakıtta bulunması gereken değerlere yakın bulunmuştur.

4.15. Hidrojen (H) Oranı (%)

4.15.1. Dallı Darı H Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin H oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.47’de ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.48’de ve değişim grafiği Şekil 4.24’te verilmiştir.

Tablo 4.47. Dallı Darı Çeşitlerine Ait H Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

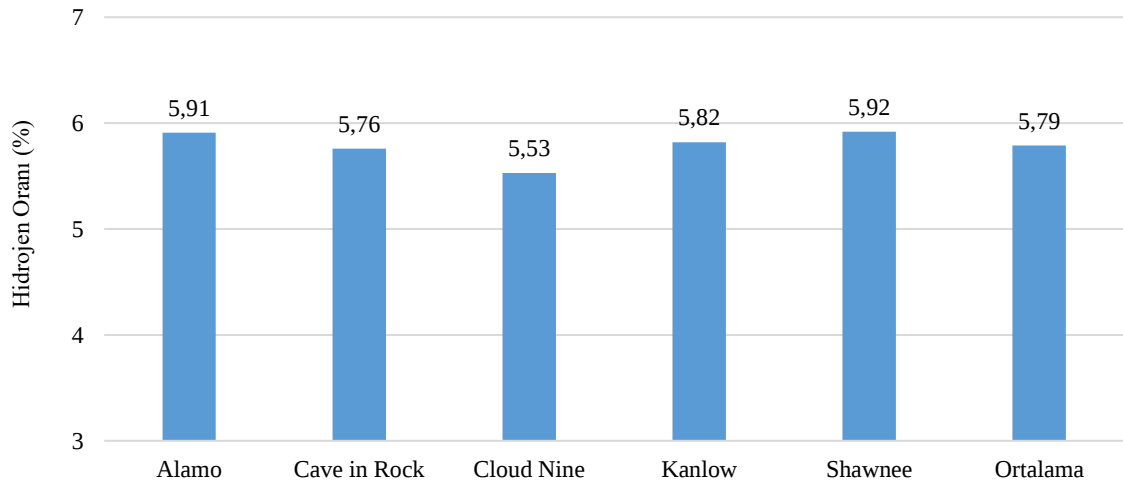
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,1500	0,00500	
Çeşit	4	0,37008	0,9252	4,58*
Hata	12	0,24260	0,02022	
Genel	19	0,62768		
DK: %2,45				

* p≤ %5 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.48. Dallı Darı Çeşitlerine Ait H Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	H Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	5,91	A*
Cave in Rock	5,76	AB
Cloud Nine	5,55	B
Kanlow	5,82	AB
Shawnee	5,92	A
Ortalama	5,79	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.28. Dallı Darı Çeşitlerinin H Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.47’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, hidrojen oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,05$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek H oranı Shawnee (%5,92) ile Alamo (%5,91) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Kanlow (%5,82), Cave in Rock (%5,76) çeşitlerinde, en düşük H oranı ise Cloud Nine (%5,55) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.48). Ortalama H oranı %5,79 olarak tespit edilmiş; Shawnee, Alamo ve Kanlow çeşitlerinin H oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Cave in Rock ve Cloud Nine çeşitlerinin H oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.24).

Yüksek hidrojen içeriğinin biyokütle için yüksek ısı değere işaret ettiği bildirilmektedir. Konu üzerinde yapılan pek çok çalışmada %6 oranındaki hidrojen içeriği yüksek bir değer olarak kabul edilmektedir (Clarke and Preto 2011). Dolayısıyla incelenen çeşitler hidrojen içeriği açısından oldukça kaliteli bir biyokütleyle sahip olduklarını söylemek mümkündür. Dallı darı bitkisinde yapılan çalışmalarda H oranı; Xioing (2008)’in %6,03-6,07, Vamvuka et al. (2010)’nın %6,3-6,6, Çeliktaş vd. (2017)’nin Akdeniz ekolojisinde %5,43-6,08, ve Karasal ekolojide %5,17-6,51, Hu et al. (2017)’nin %6,01 ve Başar vd. (2020)’nin %6,14 olarak elde ettikleri değerlerle çalışmadaki değerler birbirine benzemektedir.

4.15.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi H Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin H oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.49’da verilmiştir. H oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksiyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.50’de ve değişim grafiği Şekil 4.25’te verilmiştir.

Tablo 4.49. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait H Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,003262	0,001631	
Çeşit	9	0,370304	0,041145	6,74**
Yıl	1	0,067976	0,067976	11,14**
Çeşit x Yıl	9	0,444680	0,049409	8,10**
Hata	38	0,231918	0,006103	
Genel	59	1,118140		
DK: %1,32				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

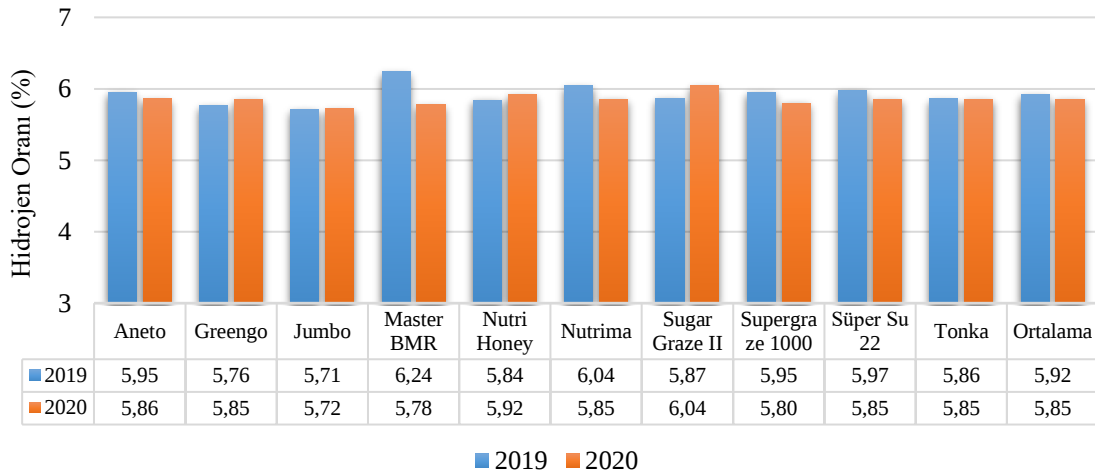
Tablo 4.50. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait H Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	H Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	5,95 b-e*	5,86 b-e	5,90 AB ⁺
Greengo	5,76 de	5,85 b-e	5,81 BC
Jumbo	5,71 e	5,72 e	5,72 C
Master BMR	6,24 a	5,78 de	6,01 A
Nutri Honey	5,84 b-e	5,92 b-e	5,88 AB
Nutrimea	6,04 abc	5,85 b-e	5,95 AB
Sugar Graze II	5,87 b-e	6,04 ab	5,95 AB
Supergraze 1000	5,95 b-e	5,80 cde	5,87 AB
Süper Su 22	5,97 bcd	5,85 b-e	5,91 AB
Tonka	5,86 b-e	5,85 b-e	5,85 BC
Ortalama	5,92 A⁺⁺	5,85 B	5,89

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl etkileşimi ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.25. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin H Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.49’da görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin H oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl etkileşimi açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek H oranı Master BMR (%6,01) çeşidinde ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Sugar Graze II (%5,95), Nutrimea (%5,95), Süper Su 22 (%5,91), Aneto (%5,90), Nutri Honey (%5,88), Supergraze 1000 (5,87) çeşitlerinde, en düşük H oranı ise Jumbo (%5,72) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama H oranı %5,89 olarak tespit edilmiş; Master BMR, Sugar Graze II, Nutrimea, Süper Su 22 ve Aneto çeşitlerinin H oranı ortalamasının üzerinde, Nutri Honey, Supergraze 1000,

Tonka, Greengo ve Jumbo çeşitlerinin H oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.50).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, H oranı değerlerinin %5,71 ile %6,24 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek H oranı 2019 yılında Master BMR (%6,24) çeşidinden, en düşük H oranı ise 2019 yılında Jumbo (%5,71) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama H oranı (%5,92) 2020 yılındaki ortalama H oranından (%5,85) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.25).

Sorgum & sudan otu melezi türünde de hidrojen içeriğinin %6 ve %6'ya yakın olması kaliteli bir biyokütleyle sahip olduklarını söylemek mümkündür. Çalışma sonucunda H oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Vassilev et al. (2010) tarafından %3-11, Eren (2011) tarafından %5,42 ve Yue et al. (2017) tarafından %5,52 olarak elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

4.16. Azot (N) Oranı (%)

4.16.1. Dallı Darı N Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin N oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.51'de, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.52'de ve değişim grafiği Şekil 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.51. Dallı Darı Çeşitlerine Ait N Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

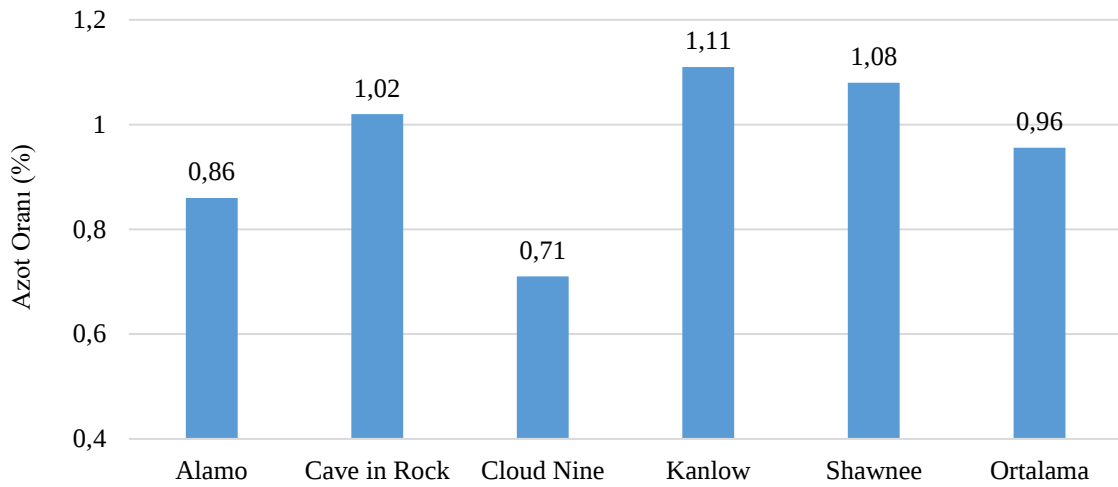
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,006975	0,002325	
Çeşit	4	0,461100	0,115275	13,93**
Hata	12	0,099300	0,008275	
Genel	19	0,567375		
DK: %9,47				

** p≤%1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.52. Dallı Darı Çeşitlerine Ait N Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	N Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	0,86	BC*
Cave in Rock	1,02	AB
Cloud Nine	0,71	C
Kanlow	1,11	A
Shawnee	1,08	A
Ortalama	0,96	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.26. Dallı Darı Çeşitlerinin N Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.51’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, azot oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek N oranı Kanlow (%1,11) ile Shawnee (%1,08) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Cave in Rock (%1,02) çeşitlerinde, en düşük N oranı ise Cloud Nine (0,71) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.52). Ortalama N oranı %0,96 olarak tespit edilmiş Kanlow, Shawnee ve Cave in Rock çeşitlerinin N oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Alamo ve Cloud Nine çeşitlerinin N oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.26).

Araştırmacılar, biyokütlenin biyoyakıta termokimyasal dönüşümünde azotun önemli bir kirlenici ve katalizör engelleyici olması nedeni ile azot içeriğinin düşük olması istenir. Azot yanma neticesinde azotdioksit (NO_x) salınımlarına yol açar. Dolayısıyla düşük azot içerikleri düşük NO_x salınımlarının göstergesi olacaktır. Biyokütlerde azot içeriğinin %1 ve altında olması istenir (Elkasabi et al. 2014; Çelikaş vd. 2017). Çalışma sonucunda elde

edilen değerler istenen içerikle uyumlu bulunmuştur. Grigatti et al. (2004)'nın %0,64-0,89 ve Çelikleş vd. (2017)'nin Kırşehir lokasyonunda %0,25-0,97 olarak elde ettikleri değerler mevcut çalışmadaki değerlerle benzerlik gösterirken, Xioing et al. (2008)'nin %0,24-0,60, Karp ve Shield (2008)'in %0,6, Vamvuka et al. (2010)'nin %0,10-0,69, Knoll et al. (2012)'nin %0,21, Çelikleş vd. (2017)'nin Hatay lokasyonunda %0,22-0,55, Hu et al. (2017)'nin %0,67 ve Başar vd. (2020)'nin %0,35 olarak elde ettikleri değerler çalışmadaki değerlerden düşük bulunmuştur.

4.16.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi N Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin N oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.53'te verilmiştir. N oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.54'te ve değişim grafiği Şekil 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.53. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait N Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,002171	0,001085	
Çeşit	9	1,146510	0,127390	77,63**
Yıl	1	0,002042	0,002042	1,24 ^{öd}
Çeşit x Yıl	9	0,012286	0,001365	0,83 ^{öd}
Hata	38	0,062359	0,001641	
Genel	59	1,225367		
DK: %5,78				

** p ≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli, ^{öd} önemli değil

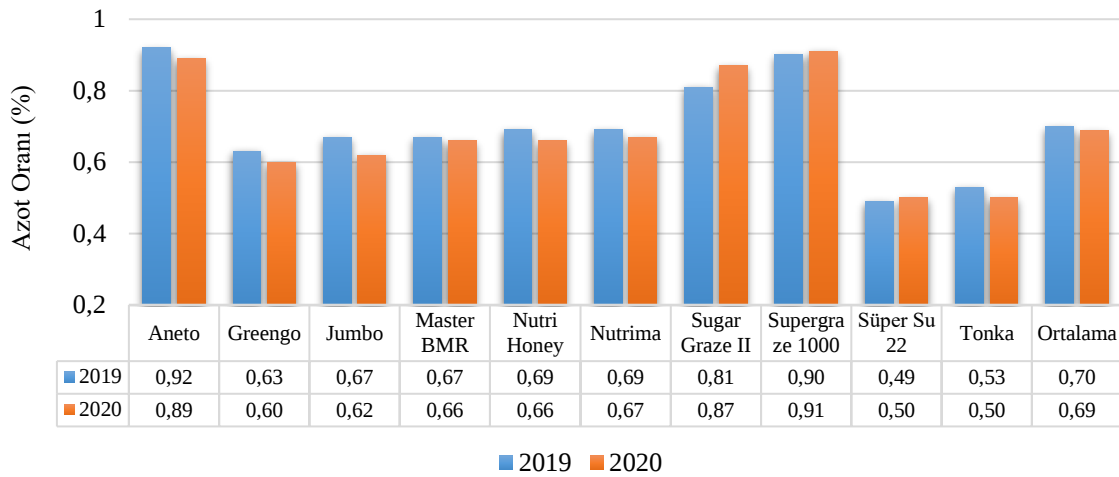
Tablo 4.54. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait N Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	N Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	0,92*	0,89	0,90 A ⁺
Greengo	0,63	0,60	0,62 B
Jumbo	0,67	0,62	0,65 B
Master BMR	0,67	0,66	0,66 B
Nutri Honey	0,69	0,66	0,68 B
Nutrima	0,69	0,67	0,68 B
Sugar Graze II	0,81	0,87	0,84 A
Supergraze 1000	0,90	0,91	0,91 A
Süper Su 22	0,49	0,50	0,50 C
Tonka	0,53	0,50	0,51 C
Ortalama	0,70⁺⁺	0,69	0,70

⁺ Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P ≤ 0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

⁺⁺ Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, önemli değildir.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, önemli değildir.



Şekil 4.27. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin N Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.53'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin N oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli farklılıklar gösterdiği, yıl ve çeşit x yıl etkileşimini açısından önemli olmadığı görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek N oranı Supergraze 1000 (%0,91), Aneto (%0,90) ve Sugar Graze II (%0,84) çeşitlerinde, en düşük N oranı ise Süper Su 22 (%0,50) ve Tonka (%0,51) çeşitlerinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama N oranı %0,70 olarak tespit edilmiştir; Supergraze 1000, Aneto, Sugar Graze II çeşitlerinin N oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Nutri Honey, Nutrima, Master BMR, Jumbo, Greengo, Tonka ve Süper Su 22 çeşitlerinin N oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.54).

Araştırmanın yıl x çeşit etkileşimüne ait veriler incelendiğinde, N oranı değerlerinin %0,49 ile %0,92 arasında olduğu görülmektedir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama N oranı (%0,70) 2020 yılındaki ortalama N oranından (%0,69) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.27).

Vassilev et al. (2010) tarafından %0,1-12 ve Eren (2011) tarafından %0,60 olarak elde edilen N değerleri mevcut çalışmadaki değerlerle paralellik göstermektedir. Yue et al. (2017)'nin %1,45 olarak elde ettiği bulgu ise çalışmadaki bulgulardan daha yüksek bulunmuştur. Azot içeriğinin %1 ve altında olması arzulanan bir özelliktir. Elde edilen veriler incelendiğinde istenen içerikle uyumlu olduğu görülmektedir.

4.17. Kükürt (S) Oranı (%)

4.17.1. Dallı Darı S Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin S oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.55'te, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.56'da ve değişim grafiği Şekil 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.55. Dallı Darı Çeşitlerine Ait S Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

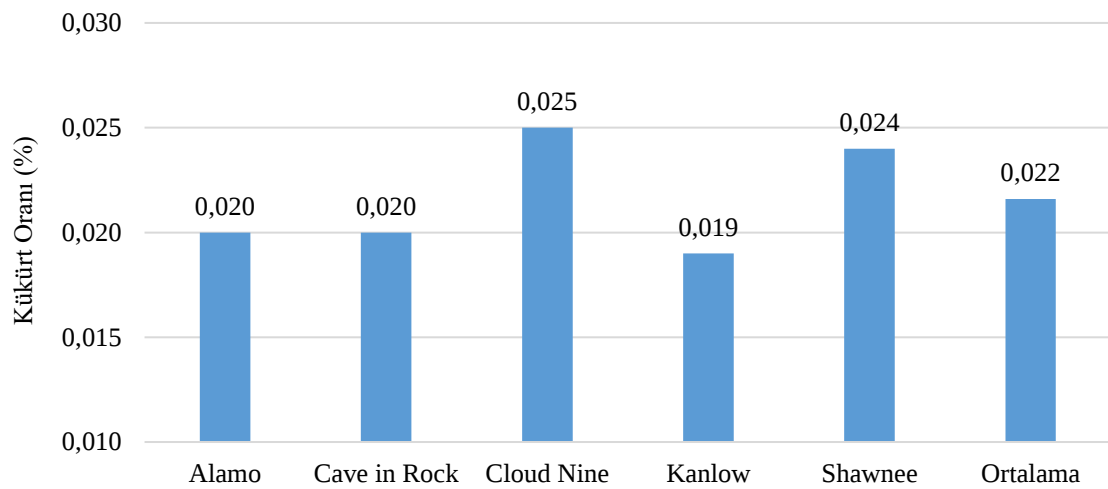
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,000008	0,000002667	
Çeşit	4	0,0001363	0,000034075	16,6898**
Hata	12	0,0000245	0,000002042	
Genel	19	0,0001688		
DK: % 0,006				

** p ≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.56. Dallı Darı Çeşitlerine Ait S Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	S Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	0,020	B*
Cave in Rock	0,020	B
Cloud Nine	0,025	A
Kanlow	0,019	B
Shawnee	0,024	A
Ortalama	0,022	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.28. Dallı Darı Çeşitlerinin S Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.55’te varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, kükürt oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek S oranı Cloud Nine (%0,025) ve Shawnee çeşitlerinde (%0,024), en düşük S oranı ise Kanlow (%0,019), Alamo (%0,020) ve Cave in Rock (%0,020) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.56). Ortalama S oranı %0,022 olarak tespit edilmiş; Cloud Nine ve Shawnee çeşitlerinin S oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Kanlow, Alamo ve Cave in Rock çeşitlerinin S oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.28).

Chandrasekaran et al. (2016), biyokütledaki yüksek kükürt içeriğinin kükürtdioksit (SO_2) gaz salınımlarını arttıracasına dikkat çekmektedirler. Kükürt içeriği yüksek yakıtların yanması sonucunda asit yağmurların oluşma tehlikesi vardır. Elde edilen verilen değerlendirildiğinde oldukça S oranı içermesi ve kalorifik değer bakımından kaliteli linyit kömüre eşdeğer olması Bingöl’de enerji tarımı potansiyelini destekler niteliktedir. Çalışma sonucunda S oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Vamvuka et al. (2010) tarafından %0,02-0,07 olarak elde edilen değerlerle benzerlik gösterirken, Karp ve Shield (2008)’in %0,04, Çelikaş vd. (2017)’nin Hatay’da %0,041-2,44 ve Kırşehir’de %0,040-1,27 olarak elde ettikleri değerlerden düşük bulunmuştur. Başar vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise dallı darı bitkisinde S oranının tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

4.17.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi S Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin S oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.57’de verilmiştir. S oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksiyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.58’de ve değişim grafiği Şekil 4.29’da verilmiştir.

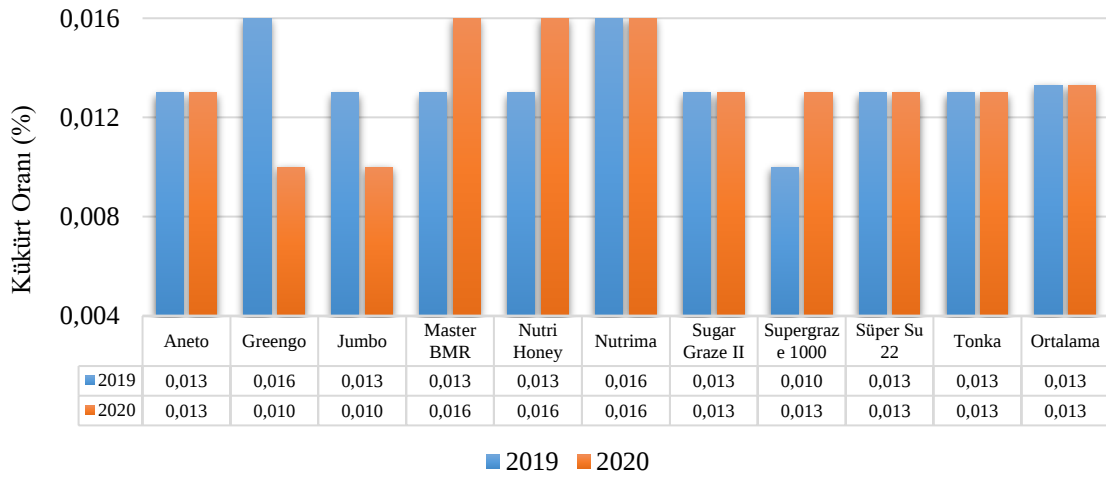
Tablo 4.57. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait S Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,00000063	0,00000032	
Çeşit	9	0,00000307	0,00000034	0,3234 ^{od}
Yıl	1	0,00000000	0,00000000	0,0000 ^{od}
Çeşit x Yıl	9	0,00000400	0,00000044	0,4219 ^{od}
Hata	38	0,00004003	0,00000105	
Genel	59	0,00004773		
DK: %0,053				

^{od} önemli değil

Tablo 4.58. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait S Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	S Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	0,013	0,013	0,013 ^{od}
Greengo	0,016	0,010	0,013
Jumbo	0,013	0,010	0,012
Master BMR	0,013	0,016	0,015
Nutri Honey	0,013	0,016	0,015
Nutrima	0,016	0,016	0,016
Sugar Graze II	0,013	0,013	0,013
Supergraze 1000	0,010	0,013	0,012
Süper Su 22	0,013	0,013	0,013
Tonka	0,013	0,013	0,013
Ortalama	0,013	0,013	0,013

^{od} önemli değil

Şekil 4.29. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin S Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.57’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin S oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak S oranı %0,013-0,016 arasında elde edilmiştir (Tablo 4.58).

Sorgum & sudan otu melezi türünde S oranının oldukça düşük çıkması ve kalorifik değerinin kaliteli linyit kömürüne eşdeğer olması dallı darı türünde olduğu gibi Bingöl’de enerji tarımı potansiyelini destekler niteliktedir. Çalışma sonucunda S oranı ile ilgili elde edilen

bulgular; Vassilev et al. (2010) tarafından %0,01-2,3 ve Eren (2011) tarafından %0,15 olarak elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir.

4.18. Oksijen (O₂) Oranı (%)

4.18.1. Dallı Darı O₂ Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin O₂ oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.59’da, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.60’da ve değişim grafiği Şekil 4.30’da verilmiştir.

Tablo 4.59. Dallı Darı Çeşitlerine Ait O₂ Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

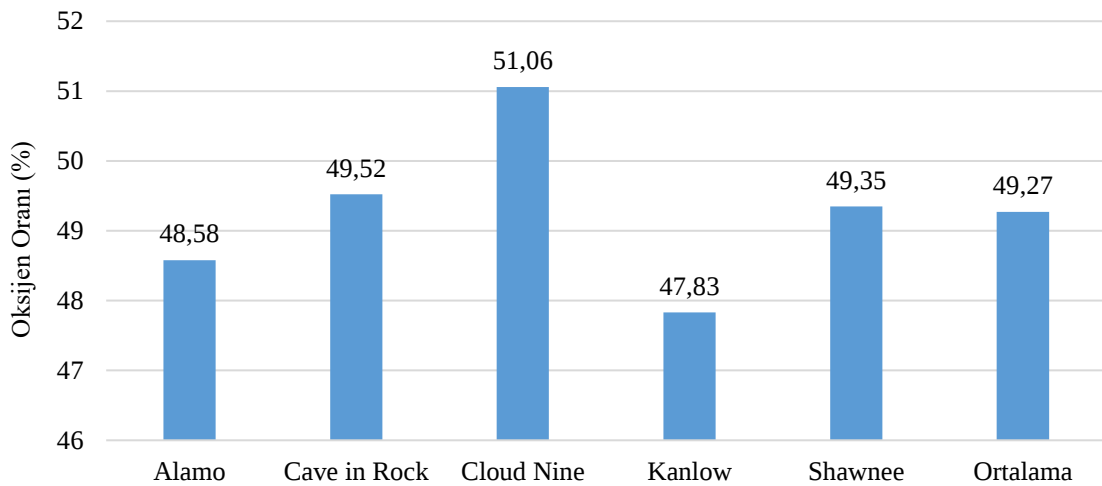
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,9667	0,3222	
Çeşit	4	23,1875	5,7969	22,38**
Hata	12	3,1085	0,2590	
Genel	19	27,2628		
DK: %1,03				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.60. Dallı Darı Çeşitlerine Ait O₂ Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	O ₂ Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	48,58	BC*
Cave in Rock	49,52	B
Cloud Nine	51,06	A
Kanlow	47,83	C
Shawnee	49,35	B
Ortalama	49,27	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.30. Dallı Darı Çeşitlerinin O₂ Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.59’da görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dallı darı çeşitleri arasında, O₂ oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dallı darı çeşitlerinde en yüksek O₂ oranı Cloud Nine (%51,06) çeşidinde, en düşük O₂ oranı ise Kanlow (%47,83) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.68). Ortalama O₂ oranı %49,27 olarak tespit edilmiş Cloud Nine, Cave in Rock ve Shawnee çeşitlerinin O₂ oranı ortalamanın üzerinde, Alamo ve Kanlow çeşitlerinin O₂ oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.30).

Hidrojen ve karbon içeriğiyle birlikte oksijen içeriği katı yakıtlarda brüt ısı değeri belirleyen en önemli içerikler olduğu ifade edilmiştir (Oberberger et al. 2006). Dolayısıyla oksijen içeriğinin yüksek olması istenir. Çalışma sonucunda O oranı ile ilgili elde edilen bulgular; Vamvuka et al. (2010) tarafından %41,4-45,8 ve Hu et al. (2017) tarafından %45,3 olarak elde edilen bulgulara yakın bulunmuştur.

4.20.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi O₂ Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin O₂ oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.61’de verilmiştir. O₂ oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksiyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.62’de ve değişim grafiği Şekil 4.31’de verilmiştir.

Tablo 4.61. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait O₂ Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,0385	0,0193	
Çeşit	9	17,9120	1,9902	27,17**
Yıl	1	1,3220	1,3220	18,05**
Çeşit x Yıl	9	7,1484	0,7943	10,84**
Hata	38	2,7839	0,0733	
Genel	59	29,2049		
DK: %0,53				

** p≤%1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

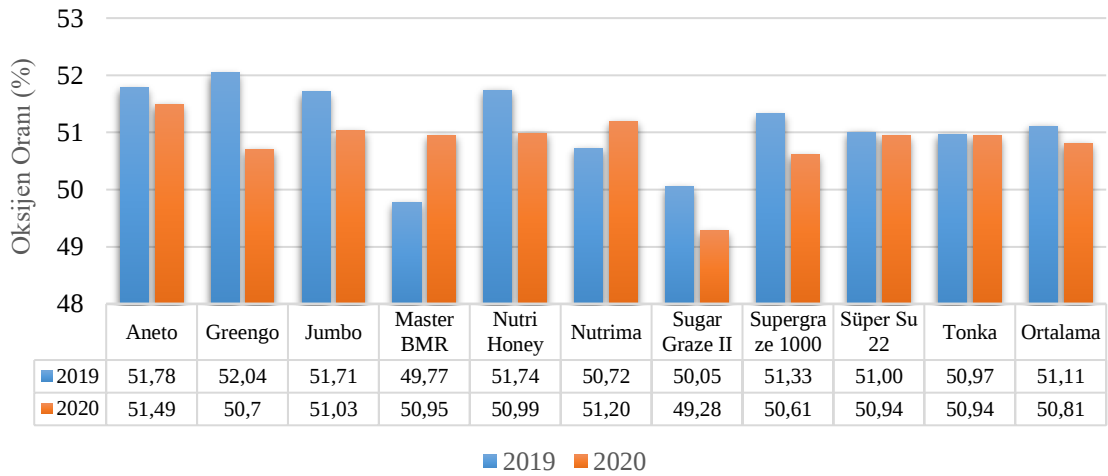
Tablo 4.62. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait O₂ Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	O ₂ Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalaması
Aneto	51,78 ab*	51,49 abc	51,63 A ⁺
Greengo	52,04 a	50,70 cde	51,37 AB
Jumbo	51,71 ab	51,03 bcd	51,37 AB
Master BMR	49,77 fg	50,95 bcd	50,36 C
Nutri Honey	51,74 ab	50,99 bcd	51,37 AB
Nutrima	50,72 cde	51,20 a-d	50,96 B
Sugar Graze II	50,05 efg	49,28 g	49,67 D
Supergraze 1000	51,33 a-d	50,61 def	50,97 B
Süper Su 22	51,00 bcd	50,94 bcd	50,97 B
Tonka	50,97 bcd	50,94 bcd	50,95 B
Ortalama	51,11 A⁺⁺	50,81 B	50,96

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.31. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Oksijen Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.61’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin O₂ oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek O₂ oranı Aneto (%51,63) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Greengo (%51,37), Jumbo (51,37) ve Nutri Honey (%51,37) çeşitlerinde, en düşük O₂ oranı ise Sugar Graze II (%49,67) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama O₂ oranı %50,96 olarak tespit edilmiş; Aneto, Greengo, Jumbo, Nutri Honey, Supergraze 1000 ve Süper Su 22 çeşitlerinin O₂ oranı ortalamasının üzerinde olduğu, Tonka, Master BMR ve Sugar Graze II çeşitlerinin O₂ oranı ise ortalamasının altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.62).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, O₂ oranı değerlerinin %49,28 ile %52,04 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek O₂ oranı 2019 yılında Greengo (%52,04) çeşidinden, en düşük O₂ oranı ise 2020 yılında Sugar Graze II (%49,28) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama O₂ oranı (%51,11) 2020 yılındaki ortalama O₂ oranından (%50,81) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.31).

Sorgumla ilgili daha önce yapılan çalışmalarda O₂ oranı; Vassilev et al. (2010) tarafından %16-49, Eren (2011) tarafından %40,03 ve Yue et al. (2017) tarafından %49,93 olarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, Vassilev et al. (2010)’nin ve Yue et al. (2017)’nin bulguları ile benzerlik gösterirken, Eren (2011)’in bulgularından yüksek bulunmuştur.

4.19. Isıl Değer (MJ/kg)

4.19.1. Dallı Darı Isıl Değeri (MJ/kg)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin ısııl değerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.63’te, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.64’te ve değişim grafiği Şekil 4.32’de verilmiştir.

Tablo 4.63. Dalılı Darı Çeşitlerine Ait Isıl Değerleri İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

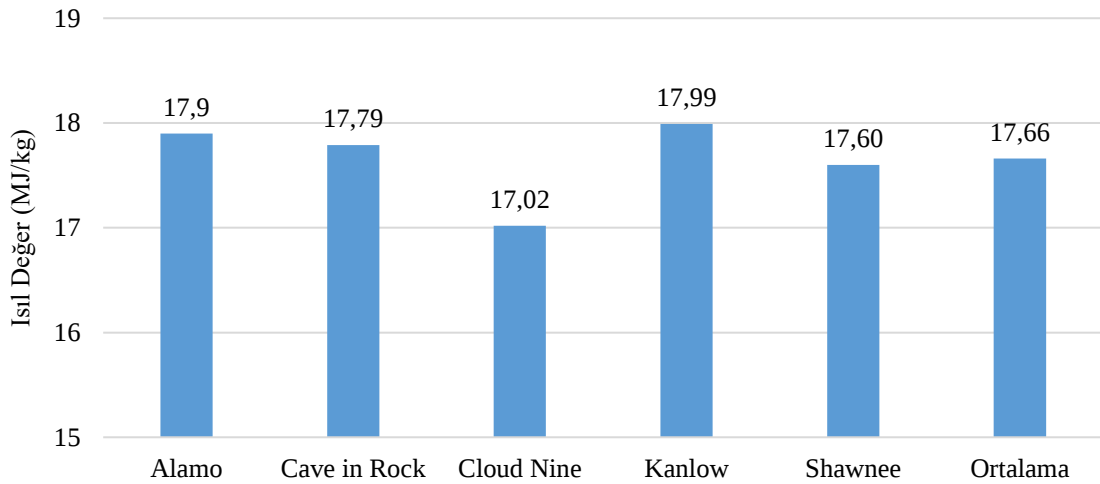
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,13046	0,04349	
Çeşit	4	2,37378	0,59345	14,74**
Hata	12	0,48322	0,04027	
Genel	19	2,98746		
DK: %1,13				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.64. Dalılı Darı Çeşitlerine Ait Isıl Değerleri (MJ/kg) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Isıl Değeri (MJ/kg)	Oluşan Gruplar
Alamo	17,90	AB*
Cave in Rock	17,79	B
Cloud Nine	17,02	C
Kanlow	17,99	A
Shawnee	17,60	AB
Ortalama	17,66	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.32. Dalılı Darı Çeşitlerinin Isıl Değeri (MJ/kg) Değişim Grafiği

Tablo 4.63'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dalılı darı çeşitleri arasında, ısı değeri açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dalılı darı çeşitlerinde en yüksek ısı değeri Kanlow (17,99 MJ/kg) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Alamo ve Shawnee çeşitlerinde, en düşük ısı değeri ise Cloud Nine (17,02 MJ/kg) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.64). Ortalama ısı değeri 17,66 MJ/kg olarak tespit edilmiş; Kanlow, Alamo ve Cave in Rock

çeşitlerinin ısı değeri ortalamasının üzerinde, Shawnee ve Cloud Nine çeşitlerinin ısı değeri ise ortalamasının altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.32).

Vargas-Moreno et al. (2012) biyokütlenin biyoenerji kaynağı olarak kullanılabilmesi için ısı değerinin bilinmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Elde edilen kalorifik değerlerin iyi kalite linyit kömürüne eşdeğer olması oldukça önemlidir. Akın (2015) kömür için ısı değeri 10,04-17,58 MJ/kg, yağlı prina için ısı değeri 17,96 MJ/kg ve yağsız prina için ısı değeri 17,29 MJ/kg olarak tespit etmiştir. Yin (2011) ise meşe odunu için ısı değeri 19,24 MJ/kg olarak belirlemiştir. Dallı darı bitkisiyle ilgili yapılan çalışmalarda ısı değeri; McKendry (2002)'nin 17,4 MJ/kg, Xiong et al. (2008)'nin 16,50-17,42 MJ/kg, Çeliktas vd. (2017)'nin 14,50-18,92 MJ/kg ve Hu et al. (2017)'nin 17,7 MJ/kg olarak elde ettikleri bulgularla mevcut çalışmada elde edilen bulgular paralellik gösterirken, Gupta ve Demirbaş (2010)'ın 18,3 MJ/kg ve Sadaka et al. (2014)'nin 18-19 MJ/kg olarak elde ettikleri bulgular ise daha yüksek bulunmuştur.

4.19.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Isıl Değeri (MJ/kg)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ısı değerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.65'te verilmiştir. Isıl değerinin; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.66'da ve değişim grafiği Şekil 4.33'te verilmiştir.

Tablo 4.65. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Isıl Değer İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,00458	0,00229	
Çeşit	9	2,08670	0,23186	19,67**
Yıl	1	0,02938	0,02938	2,49 ^{öd}
Çeşit x Yıl	9	1,27918	0,14213	12,06**
Hata	38	0,44801	0,01179	
Genel	59	3,844785		
DK: %0,62				

** p ≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli, ^{öd} önemli değil

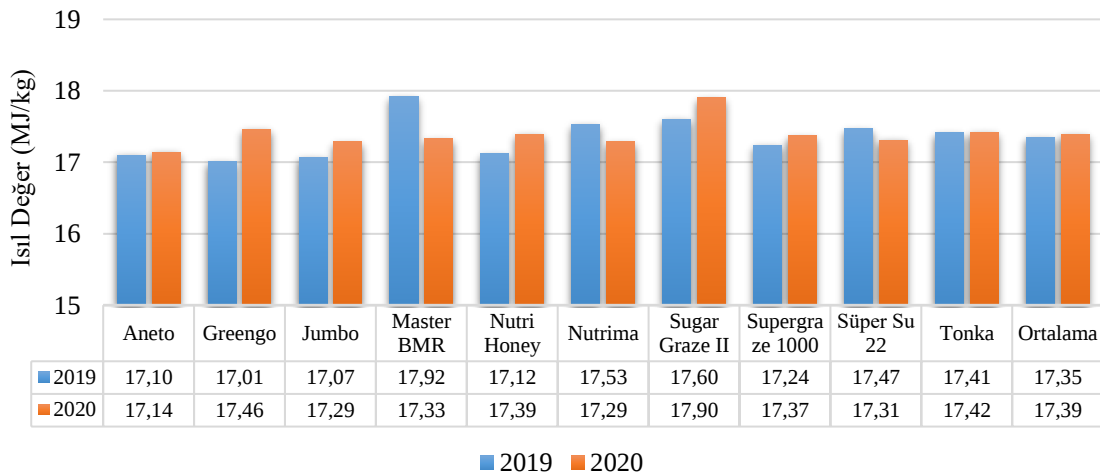
Tablo 4.66. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Isıl Değer (MJ/kg) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Isıl Değer (MJ/kg) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	17,10 efg*	17,14 d-g	17,12 D*
Greengo	17,01 g	17,46 bcd	17,23 BCD
Jumbo	17,07 fg	17,29 b-g	17,18 CD
Master BMR	17,92 a	17,33 b-g	17,63 A
Nutri Honey	17,12 efg	17,39 b-f	17,25 BCD
Nutrimea	17,53 bc	17,29 b-g	17,41 B
Sugar Graze II	17,60 ab	17,90 a	17,75 A
Supergraze 1000	17,24 c-g	17,37 b-f	17,30 BCD
Süper Su 22	17,47 bcd	17,31 b-g	17,39 BC
Tonka	17,41 b-e	17,42 b-e	17,41 B
Ortalama	17,35⁺⁺	17,39	17,37

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, önemsizdir.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.33. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Isıl Değer (MJ/kg) Değişim Grafiği

Tablo 4.65'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin ısı değeri yönünden saptanan farklılığın çeşit ve çeşit x yıl interaksyonu açısından ($P \leq 0,01$) önemli, yıl açısından önemli olmadığı görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek ısı değeri Sugar Graze II (17,75 MJ/kg) ve Master BMR (17,63 MJ/kg) çeşitlerinde, en düşük ısı değeri ise Aneto (17,12 MJ/kg) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama ısı değeri 17,32 MJ/kg olarak tespit edilmiş; Sugar Graze II, Master BMR, Tonka, Nutrimea ve Süper Su 22 çeşitlerinin ısı değeri ortalamanın üzerinde olduğu, Supergraze 1000, Nutri Honey,

Greengo, Jumbo ve Aneto çeşitlerinin ısı değeri ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.66).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksiyonuna ait veriler incelendiğinde, ısı değeri verilerinin 17,01 MJ/kg ile 17,92 MJ/kg arasında olduğu görülmektedir. En yüksek ısı değeri 2019 yılında Master BMR (17,92 MJ/kg) çeşidinden, en düşük ısı değeri ise 2019 yılında Greengo (17,01 MJ/kg) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama ısı değeri (17,35 MJ/kg) 2020 yılındaki ortalama ısı değeri (17,39 MJ/kg) olarak bulunmuştur (Şekil 4.33).

Bazı araştırmacıların biyokütlede ısı değeriyle ilgili yaptıkları çalışmalarda mevcut çalışmadaki değerlerle benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sorgum biyokütlesinde Grossi (2001) 17,25 MJ/kg ve Eren (2011) 18,5 MJ/kg, Yin (2011) buğday sapında 17,99 MJ/kg, pamuk sapında 17,40 MJ/kg ve mısır sapında 17,93 MJ/kg olarak saptamışlardır.

4.20. Şeker Oranı (%)

4.20.1. Dallı Darı Şeker Oranı (%)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin şeker oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.67’de ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.68’de ve değişim grafiği Şekil 4.34’te verilmiştir.

Tablo 4.67. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Şeker Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

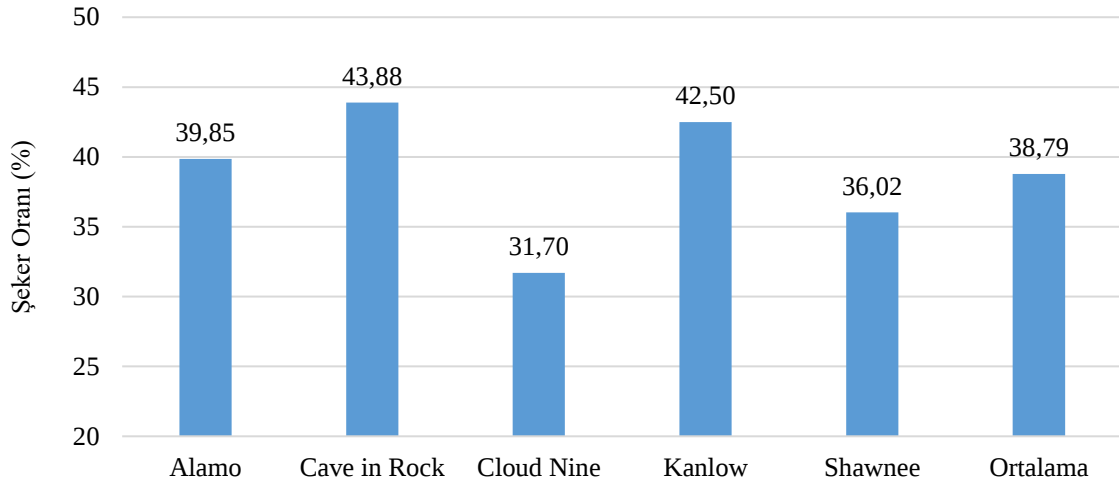
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	0,103	0,03443	
Çeşit	4	394,873	98,71826	51,5817**
Hata	12	22,965	1,913	
Genel	19	417,9422		
DK: %3,57				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.68. Dallı Darı Çeşitlerine Ait Şeker Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Şeker Oranı (%)	Oluşan Gruplar
Alamo	39,85	B*
Cave in Rock	43,88	A
Cloud Nine	31,70	D
Kanlow	42,50	AB
Shawnee	36,02	C
Ortalama	38,79	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.34. Dalı Darı Çeşitlerinin Şeker Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.67’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dalı darı çeşitleri arasında, şeker oranı açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dalı darı çeşitlerinde en yüksek şeker oranı Cave in Rock (%43,88) ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Kanlow (%42,50) çeşitlerinde, en düşük şeker oranı ise Cloud Nine (%31,70) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.68). Ortalama şeker oranı %38,97 olarak tespit edilmiş; Cave in Rock, Kanlow ve Alamo çeşitlerinin şeker oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Shawnee ve Cloud Nine çeşitlerinin şeker oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.34).

Fermente olabilir şekere dönüşümde selüloz ve hemiselüloz oranlarının yüksek, lignin içeriğinin ise düşük olması istenir (Varanasi et al. 2012). Nitekim Kanlow çeşidi; selüloz ve hemiselüloz içeriği yüksek, lignin içeriği ise en düşük ikinci çeşit olarak bulunmuştur. Çalışmada şeker oranı ile ilgili elde edilen bulgular daha önce yapılan çalışmalardaki bulgularla benzerlik göstermektedir (Dien et al., 2006; Keshwani and Cheng 2009; Shi et al., 2011; Kumagai et al., 2015; Çeliktaş vd., 2017).

4.20.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Şeker Oranı (%)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin şeker oranına ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.69’da verilmiştir. Şeker oranının; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.70’te ve değişim grafiği Şekil 4.35’te verilmiştir.

Tablo 4.69. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Şeker Oranı İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	0,047	0,024	
Çeşit	9	238,025	26,447	394,65**
Yıl	1	120,870	120,870	1803,63**
Çeşit x Yıl	9	20,156	2,240	33,42**
Hata	38	2,547	0,067	
Genel	59	381,645		
DK: %1,88				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

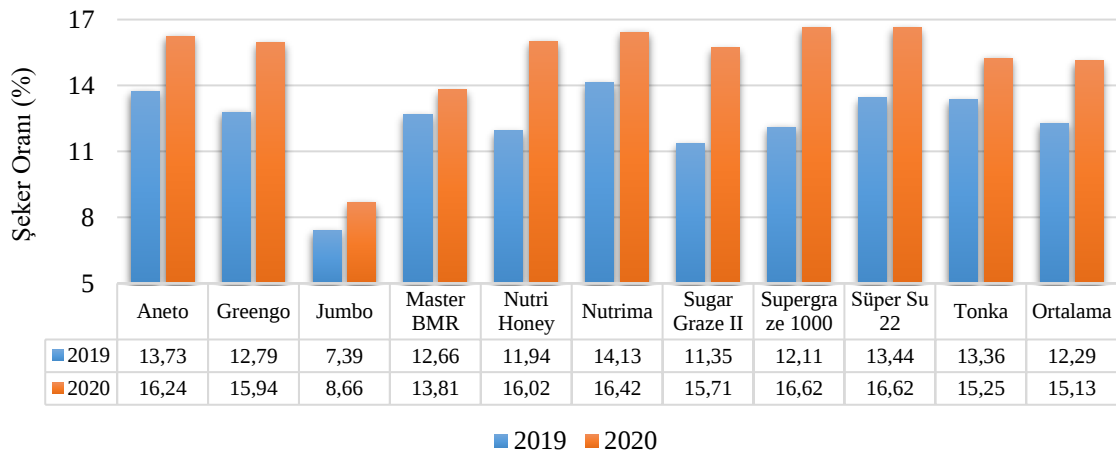
Tablo 4.70. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Şeker Oranı (%) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Şeker Oranı (%) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	13,73 d*	16,24 ab	14,99 A ⁺
Greengo	12,79 ef	15,94 abc	14,36 B
Jumbo	7,39 j	8,66 ı	8,02 E
Master BMR	12,66 efg	13,81 d	13,23 D
Nutri Honey	11,94 gh	16,02 abc	13,98 BC
Nutrima	14,13 d	16,42 ab	15,27 A
Sugar Graze II	11,35 h	15,71 bc	13,53 CD
Supergraze 1000	12,11 fgh	16,62 a	14,37 B
Süper Su 22	13,44 de	16,62 a	15,03 A
Tonka	13,36 de	15,25 c	14,30 B
Ortalama	12,29 B⁺⁺	15,13 A	13,71

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl interaksyonu ortalamaları Tukey testine göre, P≤0,01 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.35. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Şeker Oranı (%) Değişim Grafiği

Tablo 4.69’da görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin şeker oranı yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl interaksyonu açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli olduğu görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek şeker oranı Nutrima (%15,27), Süper Su 22 (%15,03) ve Aneto (%14,99) çeşitlerinde, en düşük şeker oranı ise Jumbo (%8,02) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama şeker oranı %13,71 olarak tespit edilmiş; Nutrima, Süper Su 22, Aneto, Supergraze 1000, Greengo, Tonka ve Nutri Honey çeşitlerinin şeker oranı ortalamanın üzerinde olduğu, Sugar Graze II, Master BMR ve Jumbo çeşitlerinin şeker oranı ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.70).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksyonuna ait veriler incelendiğinde, şeker oranı değerlerinin %7,39 ile %16,62 arasında olduğu görülmektedir. En yüksek şeker oranı 2020 yılında Supergraze 1000 ve Süper Su 22 (%16,62) çeşitlerinden, en düşük şeker oranı ise 2019 yılında Jumbo (%7,39) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama şeker oranı (%12,29) 2020 yılındaki ortalama şeker oranından (%15,13) daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.35).

Sorgum bitkisiyle ilgili yapılan çalışmalarda şeker oranını; Davila-Gomez et al. (2011) %7,0-11,2, Imam ve Capareda (2011) %14-14,8, Nasidi et al. (2013) %6,5-16,1, Usofzadeh et al. (2013) %12,06, Khalil et al. (2015) %11,2-19,1 ve Castro et al. (2017) %14-17 olarak elde etmişlerdir. Bu çalışmalardaki bulgular, çalışma sonunda elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

4.21. Etanol Verimi (l/da)

4.21.1. Dallı Darı Etanol Verimi (l/da)

Araştırmada kullanılan dallı darı çeşitlerinin etanol verimine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.71’de, ortalama değerler ile oluşan gruplar Tablo 4.72’de ve değişim grafiği Şekil 4.36’da verilmiştir.

Tablo 4.71. Dalılı Darı Çeşitlerine Ait Etanol Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

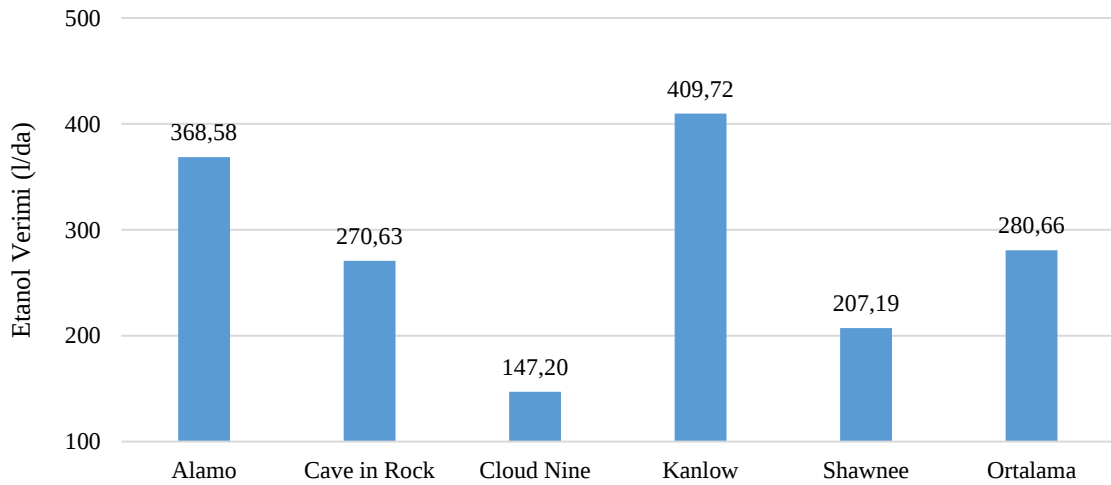
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	3	749,84	249,946	
Çeşit	4	190799,8	47699,94	334,9504**
Hata	12	1708,91	142,4	
Genel	19	193258,5		
DK: %4,25				

** $p \leq 0,01$ seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

Tablo 4.72. Dalılı Darı Çeşitlerine Ait Etanol Verimi (l/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Etanol Verimi (l/da)	Oluşan Gruplar
Alamo	368,58	B*
Cave in Rock	270,63	C
Cloud Nine	147,20	E
Kanlow	409,72	A
Shawnee	207,19	D
Ortalama	280,66	

* Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.36. Dalılı Darı Çeşitlerinin Etanol Verimi (l/da) Değişim Grafiği

Tablo 4.71’de görülen varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada kullanılan dalılı darı çeşitleri arasında, etanol verimi açısından saptanan farklılığın önemli ($p \leq 0,01$) olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda, dalılı darı çeşitlerinde en yüksek etanol verimi Kanlow (409,7 l/da) çeşidinde, en düşük etanol verimi ise Cloud Nine (147,2 l/da) çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 4.72). Ortalama etanol verimi 280,6 l/da olarak tespit edilmiş; Kanlow, Alamo ve Cave in Rock çeşitlerinin etanol verimi ortalamanın üzerinde

olduğu, Cloud Nine ve Shawnee çeşitlerinin etanol verimi ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.36).

Biyokütle verimi ve şeker oranı etanol verimini etkileyen en önemli parametrelerdir. Nitekim çalışma sonucunda Kanlow ve Alamo çeşitlerinin biyokütle verimi ve şeker oranı bakımından en yüksek çeşitlerden olması etanol verimlerinin de yüksek çıkmasına neden olmuştur. Cave in Rock çeşidinin şeker oranı yüksek olmasına rağmen biyokütle verimindeki düşüklük etanol verimini etkilemiştir. Çalışma sonucunda etanol verimi ile ilgili elde edilen bulguların; Dien et al. (2006)'nın 334 l/da (ancak potansiyel verimin 450 l/da olduğu), Mitchell et al. (2012)'nin 347,4 l/da, Rob et al. (2012)'nin 347,4 l/da, Zhuang et al. (2013)'nin 200-290 l/da, Liu et al. (2014)'nin tekli hasatta 298 l/da, çifli hasatta 268 l/da, Çeliktaş vd. (2017)'nin Hatay'da 58-453 l/da, Kırşehir'de 60,3-332,4 l/da, Hu et al. (2017)'nin 217,2 l/da ve Tang et al. (2020)'nin 2015 yılında 253,2 l/da, 2016 yılında 279,7 l/da olarak elde ettikleri bulgularla benzerlik göstermektedir.

4.21.2. Sorgum & Sudan Otu Melezi Etanol Verimi (l/da)

Araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin etanol verimine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.73'te verilmiştir. Etanol veriminin; yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonuna ait ortalamalar ile oluşan gruplar Tablo 4.74'te ve değişim grafiği Şekil 4.37'de verilmiştir.

Tablo 4.73. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Etanol Verimi İle İlgili Varyans Analizi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Blok	2	146,8	73,4	
Çeşit	9	39559,6	4395,5	214,0**
Yıl	1	5673,7	5673,7	276,3**
Çeşit x Yıl	9	2667,3	296,4	14,4**
Hata	38	48047,4	2288,0	
Genel	59	48827,8		
DK: %4,04				

** p≤ %1 seviyesinde istatistiksel açıdan önemli

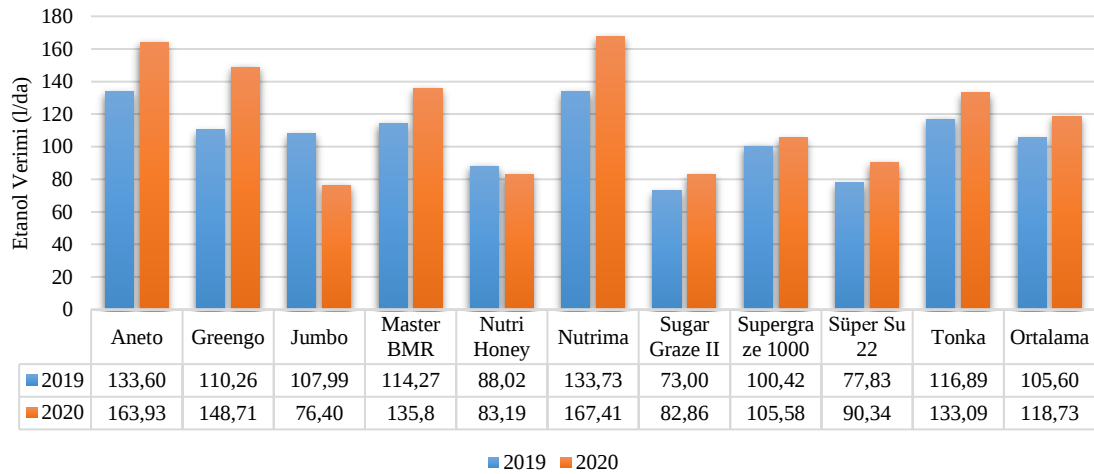
Tablo 4.74. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerine Ait Etanol Verimi (l/da) Ortalamaları ve Oluşan Gruplar

Çeşitler	Etanol Verimi (l/da) ve Oluşan Gruplar		
	2019	2020	Ortalama
Aneto	133,60 c*	163,93 a	148,76 A ⁺
Greengo	110,26 de	148,71 b	129,49 B
Jumbo	107,99 de	76,40 gh	92,20 D
Master BMR	114,27 de	135,80 bc	125,03 B
Nutri Honey	88,02 fg	83,19 gh	85,61 DE
Nutrima	133,73 c	167,41 a	150,57 A
Sugar Graze II	73,00 h	82,86 gh	77,93 E
Supergraze 1000	100,42 ef	105,58 de	103,00 C
Süper Su 22	77,83 gh	90,34 fg	84,08 DE
Tonka	116,89 d	133,09 c	124,99 B
Ortalama	105,60 B⁺⁺	118,73 A	112,17

* Aynı sütün içerisinde benzer harf ile gösterilen çeşit ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

** Aynı satır içinde benzer harf ile gösterilen yıl ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

* Benzer harf ile gösterilen çeşit x yıl etkileşimi ortalamaları Tukey testine göre, $P \leq 0,01$ hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.



Şekil 4.37. Sorgum & Sudan Otu Melezi Çeşitlerinin Etanol Verimi (l/da) Değişim Grafiği

Tablo 4.73'te görülen varyans analiz sonuçlarına göre, araştırmada kullanılan sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinin etanol verimi yönünden saptanan farklılığın çeşit, yıl ve çeşit x yıl etkileşimi açısından istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde iki yılın ortalaması olarak en yüksek etanol verimi Nutrima (150,57 l/da) ve Aneto (148,76 l/da) çeşitlerinde, en düşük etanol verimi ise Sugar Graze II (77,93 l/da) çeşidinde tespit edilmiştir. İki yılın ortalama etanol verimi 112,17 l/da olarak tespit edilmiş; Nutrima, Aneto, Greengo, Master BMR ve Tonka çeşitlerinin etanol verimi ortalamasının üzerinde olduğu, Supergraze 1000, Jumbo,

Nutri Honey, Süper Su 22 ve Sugar Graze II çeşitlerinin etanol veriminin ise ortalamanın altında olduğu görülmüştür (Tablo 4.74).

Araştırmanın yıl x çeşit interaksiyonuna ait veriler incelendiğinde, etanol verimi değerlerinin 73,00 l/da ile 167,41 l/da arasında olduğu görülmektedir. En yüksek etanol verimi 2020 yılında Nutrima (167,41 l/da) çeşidinden, en düşük etanol verimi ise 2019 yılında Sugar Graze II (73,00 l/da) çeşidinden elde edilmiştir. Yıllar açısından bakıldığında ise araştırmanın 2019 yılında ortalama etanol verimi (105,60 l/da) 2020 yılındaki ortalama etanol veriminden (118,73 l/da) daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.37).

Sorgum bitkisinden etanol elde edilmesi ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda; Rao et al. (2013)'nın 92,5-144,0 l/da, Rutto et al. (2013)'nın 2009 yılında 74,5-89,3 l/da, 2010 yılında 36,4-168,3 l/da, 2011 yılında 70,4-154,4 l/da, Sawargaonkar et al. (2013)'nın 92,1 l/da ve Batog et al. (2020)'nın 134,3-139,8 l/da olarak elde ettikleri bulgular ile mevcut çalışmadaki bulgular birbirleriyle benzer iken; Imam ve Capareda (2011) tarafından 153-227 l/da, Davila-Gomez (2011) tarafından 138-202 l/da, Usofzadeh et al. (2013) tarafından farklı gübre dozları kullanılarak yapılan çalışmada 242,3-442,4 l/da ve Nazlı (2020) tarafından selülozik etanol verimi 214,1-541,0 l/da olarak elde edilen bulgular ise mevcut çalışmadaki bulgulardan yüksek bulunmuştur. Biyokütle verimi, bitki özsuğu verimi, sap verimi ve şeker oranı etanol verimine etki eden ana parametrelerdir. Nitekim Aneto, Nutrima, Süper Su 22 en yüksek şeker oranına sahip iken Süper Su 22'nin biyokütle verimindeki düşüklük, Jumbo çeşidi ise en yüksek biyokütle verimine sahip iken şeker oranındaki düşüklük etanol verimlerini etkilemiştir.

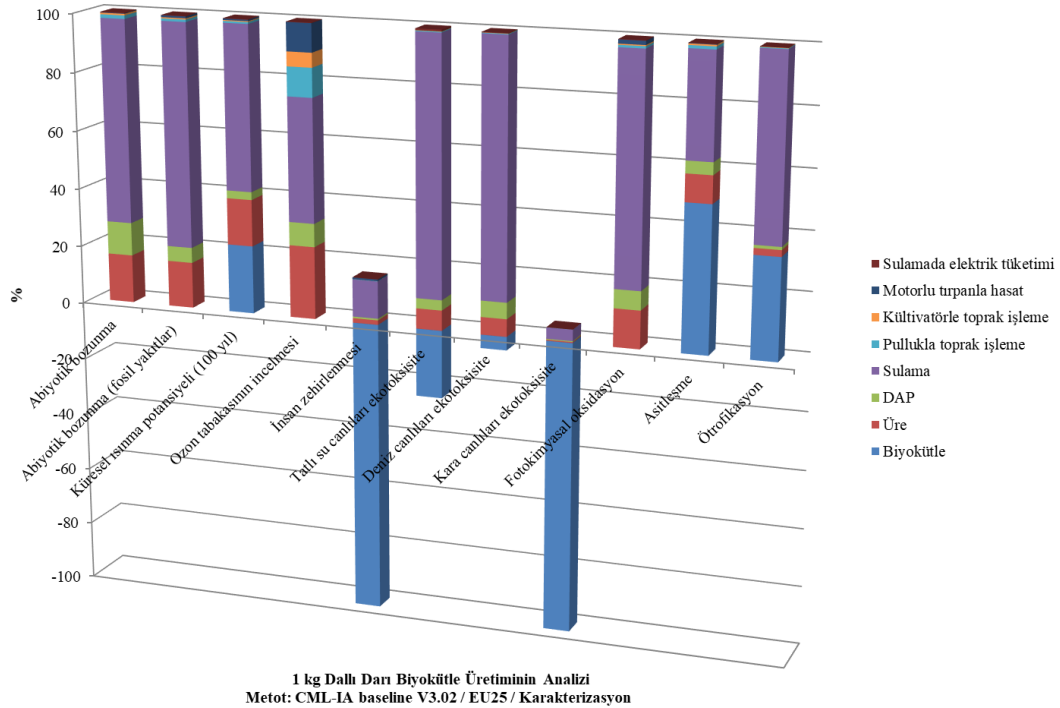
4.22. Dalı Darı Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

4.22.1. Dalı Darı Üretiminin Etki Değerlendirmesi

Biyokütle üretimi amacıyla, Bingöl ilinde dalı darı yetiştirilmesinin yaşam döngüsü envanter analizi sonucunda hesaplanan veriler doğrultusunda CML-IA baseline modeline göre SimaPro 8.0.5.13 Analyst bilgisayar yazılımında etki değerlendirme yapılmıştır. Daha sonra Tablo 4.83'teki karakterizasyon değerleri elde edilerek Şekil 4.42'de üretim süreçlerinin etki kategorileri içindeki %'lik dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 4.75. Dalı Darı 1 kg_{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri

Etki Kategorileri	Birim	Dalı darı
Abiyotik Bozunma	kg Sb-eş	8,527E-07
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	MJ	2,399
Küresel Isınma Potansiyeli (100 yıl)	kg CO ₂ -eş	0,240
Ozon Tabakasının İncelmesi	kg CFC11-eş	1,660E-08
İnsan Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş	-0,824
Tatlı Su Canlıları Ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş	0,0612
Deniz Canlıları Ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş	225,136
Kara Canlıları Ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş	-0,011
Fotokimyasal Oksidasyon	kg C ₂ H ₄ -eş	5,795E-05
Asitleşme	kg SO ₂ -eş	0,002
Ötrofikasyon	kg PO ₄ -eş	0,002



Şekil 4.38. YDD Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerlerinin %'lik Olarak Karşılaştırılması

Tablo 4.75 incelendiğinde ve Şekil 4.42 yorumlandığında, 11 etki kategorisi içinde insan zehirlenmesi (-0.824 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}) ve kara canlıları ekotoksisite (-0,011 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}) olarak 2 adet etki kategorisinin değeri negatif çıkmıştır. Normalde YDD'de negatif etki faydalı etki olarak ifade edilmektedir. Bu negatif çıkan etki kategorileri incelendiğinde (Şekil 4.38), dalı darı biyokütlesinin negatif etki yaptığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tatlı su ve deniz canlıları ekotoksisitelelerinde de biyokütle negatif yönde

bir etki göstermiştir. Dallı darı biyokütlesi üretiminin insan zehirlenmesine ve kara canlılarının ekotoksitesine olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Dallı darı bitkisindeki elementlerin insan zehirleyici ve kara, tatlı su ve deniz canlıları ekotoksitesine etkileyen maddeleri filtrelediği sonucuna varılmıştır. Literatürde dallı darı bitkisi için fitoremediasyon bitkisi olduğuna dair bulgular bulunmaktadır (Alacabey ve Zorer Çelebi 2020). Çalışmada bulduğumuz negatif sonuçlar bitkinin fitoremediasyon bitkisi olduğunu destekler niteliktedir. Yine dallı darı ile ilgili yapılan bir çalışmada; Çelikaş et al. (2017) Hatay lokasyonunda insan zehirlenmesi etkisini $-0,898 \text{ kg } 1.4\text{-DB-es/kg}_{\text{biyokütle}}$, kara canlıları ekotoksitesleri etkisini $-0,007 \text{ kg } 1.4\text{-DB-es/kg}_{\text{biyokütle}}$, Kırşehir lokasyonunda insan zehirlenmesi etkisini $-0,886 \text{ kg } 1.4\text{-DB-es/kg}_{\text{biyokütle}}$, kara canlıları ekotoksitesleri etkisini $-0,011 \text{ kg } 1.4\text{-DB-es/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak elde etmişlerdir.

Abiyotik bozunma değeri, $8,527\text{E-}07 \text{ kg Sb-es/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak hesaplanmıştır. Abiyotik bozunmaya en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre ve DAP) takip ettiği tespit edilmiştir. Çelikaş vd. (2017) dallı darı ile ilgili yaptıkları çalışmada abiyotik bozunma değerini Hatay'da $0,033\text{E-}05 \text{ kg Sb-es/kg}_{\text{biyokütle}}$, Kırşehir'de $0,046\text{E-}05 \text{ kg Sb-es/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak tespit etmişlerdir.

Abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri, $2,399 \text{ MJ/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak hesaplanmıştır. Abiyotik bozunmaya (fosil yakıtlar) en olumsuz yönde etkileyen sürecin sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci gübrelemenin (Üre ve DAP) takip ettiği tespit edilmiştir. Çelikaş vd. (2017) yaptıkları çalışmalarda abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değerini Hatay ve Kırşehir'de sırasıyla $0,671\text{-}0,951 \text{ MJ/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak elde etmişlerdir.

Küresel ısınma potansiyeli, $0,240 \text{ kg CO}_2\text{-es/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınma değerini en olumsuz yönde etkileyen sürecin sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci bitkinin kendisi ve gübrelemenin (Üre) takip ettiği tespit edilmiştir. Kalita (2012) yaptığı çalışmada, dallı darı biyokütlesinin küresel ısınma değerini $0,191\text{-}0,204 \text{ kg CO}_2\text{-es/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak hesaplamıştır. Küresel ısınma potansiyeliyle ilgili; Kalita (2012) $0,194\text{-}0,204 \text{ kg CO}_2\text{-es/kg}_{\text{biyokütle}}$, Munoz et al. (2013) şeker kamışı, mısır, şeker pancarı, buğday ve fosil yakıtlarda sırasıyla $1,60, 1,60, 1,27, 2,07, 3,74 \text{ kg CO}_2\text{-es/kg}_{\text{biyoetanöl}}$, Çelikaş vd. (2017) Hatay ve Kırşehir'de sırasıyla $0,093\text{-}0,127 \text{ kg CO}_2\text{-es/kg}_{\text{biyokütle}}$, Escobar et al. (2017) Orihuela bölgesinde $227,67 \text{ kg CO}_2\text{-es/kg}_{\text{biyokütle}}$ olarak elde etmişlerdir.

Ozon tabakasının incelmesi değeri, $1,660E-08$ kg CFC11-eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Ozon tabakasının incelmesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre) ve pullukla toprak işlemenin takip ettiği tespit edilmiştir. Ozon tabakasının incelmesiyle ilgili; Kalita (2012) $0,001E-5$ kg CFC11-eş/kgbiyokütle, Çelikaş vd. (2017) Hatay ve Kırşehir lokasyonunda sırasıyla $0,002E-05$ - $0,003E-05$ kg CFC11-eş/kgbiyokütle, Escobar et al. (2017) Moncofar bölgesinde $3,53*10^{-6}$ kg CFC11-eş/kgbiyokütle, Orihuela bölgesinde $1,38*10^{-5}$ kg CFC11-eş/kgbiyokütle olarak elde etmişlerdir.

Tatlı su canlıları ekotoksitesitesi, $0,0612$ kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Tatlı su canlıları ekotoksitesitesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre ve DAP) takip ettiği tespit edilmiştir. Biyokütlenin ise olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Çelikaş vd. (2017) Hatay lokasyonunda $0,033$ kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle, Kırşehir lokasyonunda $0,002$ kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle, Escobar et al. (2017) Moncofar bölgesinde $0,19$ kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle, Orihuela lokasyonunda $0,26$ kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle olarak tespit etmişlerdir.

Deniz canlıları ekotoksitesite, $225,136$ kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Deniz canlıları ekotoksitesitesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre ve DAP) takip ettiği tespit edilmiştir. Çelikaş vd. (2017) tarafından Hatay ve Kırşehir lokasyonunda sırasıyla $53,113$ - $74,901$ kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle olarak elde edilmiştir.

Fotokimyasal oksidasyon değeri, $5,795E-05$ kg C_2H_4 -eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Fotokimyasal oksidasyona en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre ve DAP) takip ettiği tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda fotokimyasal oksidasyon değerini; Çelikaş vd. (2017) tarafından Hatay lokasyonunda $1,632E-05$ kg C_2H_4 -eş/kgbiyokütle, Kırşehir lokasyonunda $2,205E-05$ kg C_2H_4 -eş/kgbiyokütle, Escobar et al. (2017) tarafından Moncofar ve Orihuela lokasyonlarında sırasıyla $0,20$ - $0,97$ kg C_2H_4 -eş/kgbiyokütle olarak elde edilmiştir.

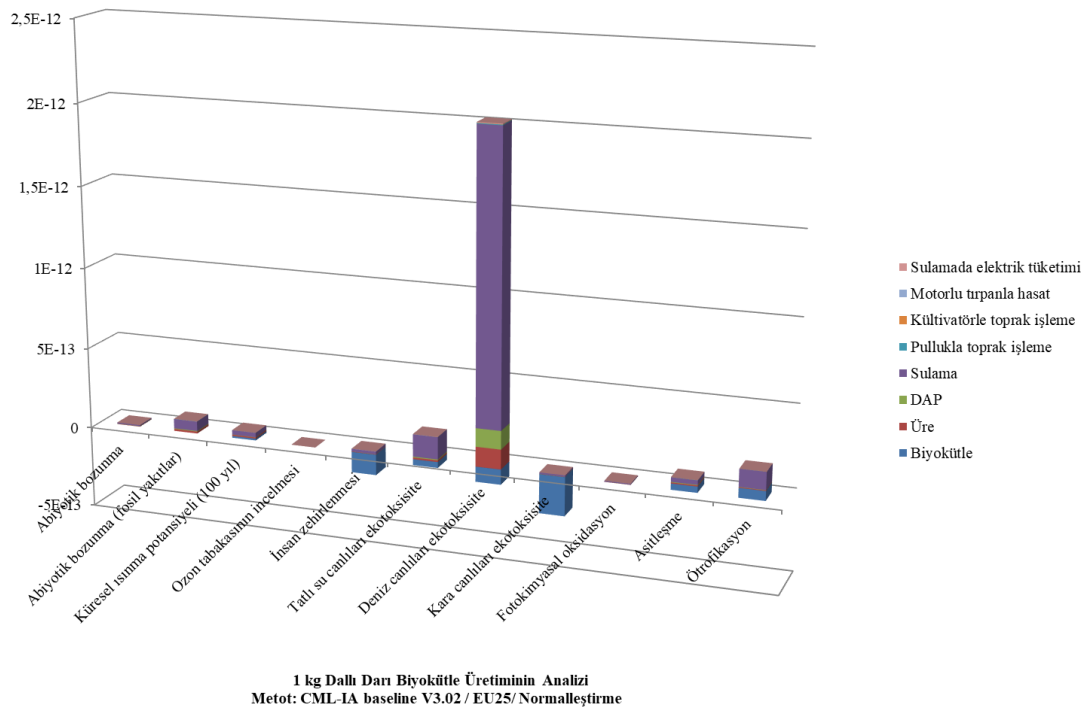
Asitleşme değeri, $0,002$ kg SO_2 -eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Asitleşmeye en olumsuz yönde etkileyen sürecin biyokütlenin kendisi olduğu belirlenmiştir. Bitkinin biyolojik aktivitelerinin toprak canlıları tarafından ayrıştırılması sonucunda üretilen

organik asitlerin toprakta artmasına neden olmaktadır (Eren ve Öztürk 2021). Bu olumsuz süreci, sulamanın takip ettiği tespit edilmiştir. Dalı darı bitkisiyle ilgili yapılan çalışmada asitleşme değerini; Çelikleş vd. (2017) $1,369E-03-1,846E-03$ kg SO_2 -eş/kg_{biyokütle} olarak elde etmişlerdir. Farklı yapılan çalışmalarda ise asitleşme değeri; Munoz et al. (2013) tarafından şeker kamışı, mısır, şeker pancarı, buğday ve fosil yakıtlarda sırasıyla $0,012-0,09-0,007-0,015-0,003$ kg SO_2 -eş/kg_{biyoetanol} olarak elde edilmiştir.

Ötrofikasyon değeri, $0,002$ kg PO_4 -eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Ötrofikasyona en olumsuz yönde etkileyen sürecin sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, biyokütlenin takip ettiği tespit edilmiştir. Bitkinin yetiştirilmesi sırasında gübrelemeden kaynaklı nitratı bünyesinde fazla tutamadığı ve tutulmayan nitratın toprağa süzülmesinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Eren ve Öztürk 2021). Dalı darı bitkisiyle ilgili yapılan çalışmada ötrofikasyon değeri; Çelikleş vd. (2017) tarafından Hatay'da $0,785E-03$ kg PO_4 -eş/kg_{biyokütle}, Kırşehir'de $1,048E-03$ kg PO_4 -eş/kg_{biyokütle} olarak elde edilmiştir. Farklı çalışmalarda ise ötrofikasyon değeri; Munoz et al. (2013) tarafından şeker kamışı, mısır, şeker pancarı, buğday ve fosil yakıtlarda sırasıyla $1,3E-04-4,5E-04-1,8E-04-2,1E-04-4,7E-04$ kg PO_4 -eş/kg_{biyoetanol} olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.76. Dalı Darı 1 kg_{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri

Etki Kategorileri	Dalı darı (xE-14)
Abiyotik Bozunma	1,006
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	7,632
Küresel Isınma Potansiyeli (100 yıl)	4,792
Ozon Tabakasının İncelmesi	0,002
İnsan Zehirlenmesi	-10,630
Tatlı Su Canlıları Ekotoksiste	11,806
Deniz Canlıları Ekotoksiste	192,942
Kara Canlıları Ekotoksiste	-22,593
Fotokimyasal Oksidasyon	0,068
Asitleşme	7,489
Ötrofikasyon	17,080



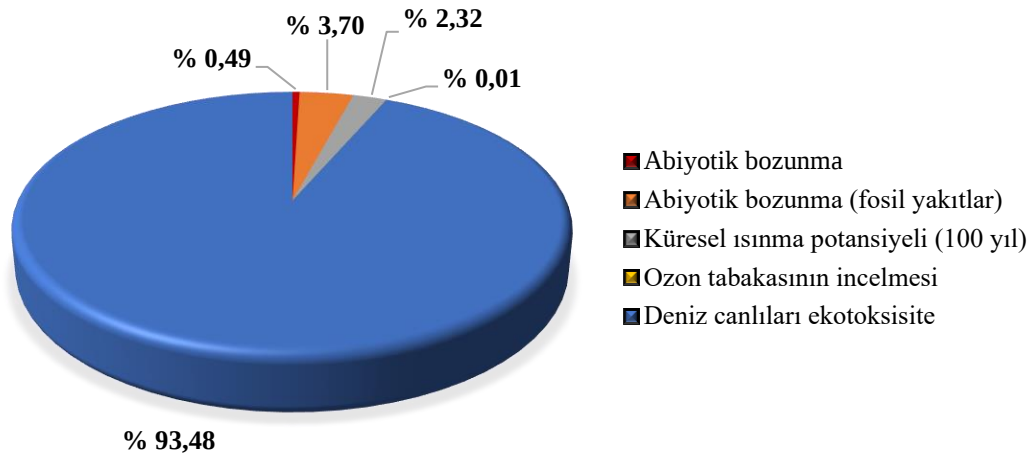
Şekil 4.39. YDD Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerlerinin Etki Kategorileri Bazında Karşılaştırılması

Karakterizasyon değerlerinin normalleştirilmesinden sonra etki kategorileri kendi aralarında karşılaştırıldığında (Şekil 4.39), dalı darı biyokütlesi üretiminin deniz canlıları ekotoksitesine aşırı sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu etkiyi tatlı su canlıları ekotoksitesine ve ötrofikasyon etkileri takip etmektedir. İnsan zehirlenmesi ve kara canlılarının ekotoksitesine negatif etki gözlemlenmiştir.

4.22.2. Yorumlama

4.22.2.1. Küresel Etki

Bingöl ilinde üretilen dalı darı biyokütlesi üretiminin normalleştirme değerlendirmesine göre deniz canlıları ekotoksitesi değeri $192,942E-14$, küresel ısınma potansiyeli $4,792E-14$, ozon tabakasının incelmeye değeri $0,002E-14$, abiyotik bozunma değeri $1,006E-14$ ve abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri $7,632E-14$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.76).



Şekil 4.40. Dalı Darı Biyokütlesi Üretiminde Küresel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

Küresel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 4.40), deniz canlıları ekotoksosite etkisinin (%93,48) küresel etkiye en fazla sebep olduğu saptanmıştır. Deniz canlıları ekotoksosite değeri normal şartlarda yerel etkiler altında sınıflandırılmaktadır. Bingöl ili denize yakın bir il olmadığından araştırmada deniz canlıları ekotoksosite değeri küresel etki içinde sınıflandırılmıştır. Tarımsal safhadaki sulama uygulamalarının bu etkinin artmasına sebep olduğu görülmüştür. Sulama ile ilgili çalışmalar yapıp, sulamanın etkisini minimize edecek uygulamalar belirlenmelidir.

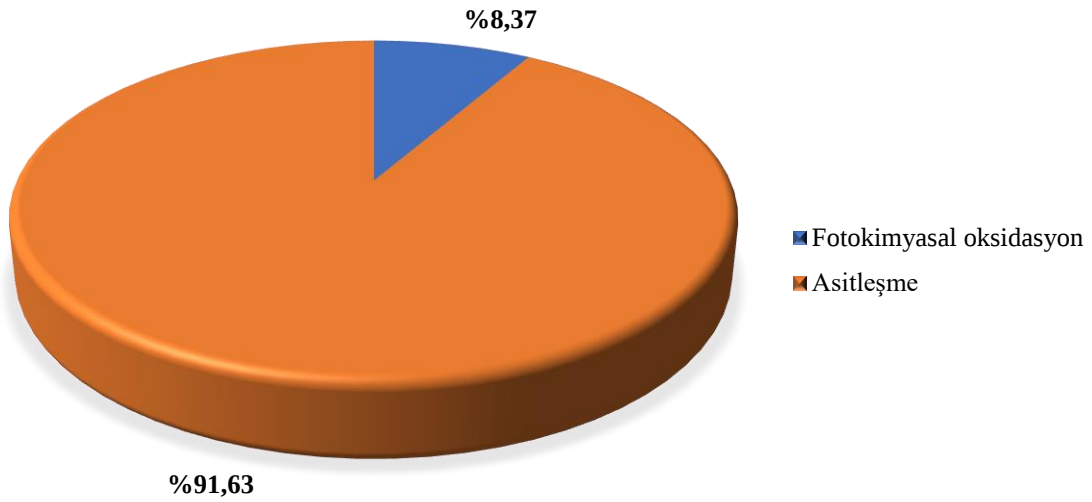
Deniz canlıları ekotoksosite değerini abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisinin (%3,70) takip ettiği saptanmıştır. Tarımsal safhadaki sulama uygulamaları abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisinin artmasında etkili olmuştur. Abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisinin artması sebebiyle doğal kaynakların özellikle fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceği tahmin edilmektedir.

Küresel etkiye sebep olan diğer bir etkide, küresel ısınma potansiyeli (%2,32) etkisi olarak saptanmıştır. Küresel ısınmanın önümüzdeki 100 yıl içinde kutuplarda erimeye ve mevsimlerde farklılığa dolayısıyla iklim değişikliğine sebep olacağı öngörülmektedir.

Abiyotik bozunma ve ozon tabakası incilmesi değerlerinin küresel etkiyi oldukça düşük oranlarda etkiledikleri de belirlenmiştir.

4.22.2.2. Bölgesel Etki

Bingöl ilinde üretilen dallı darı biyokütlesi üretiminin normalleştirme değerlendirmesine göre fotokimyasal oksidasyon değeri $0,068E-14$ ve asitleşme değeri $7,489E-14$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.76).

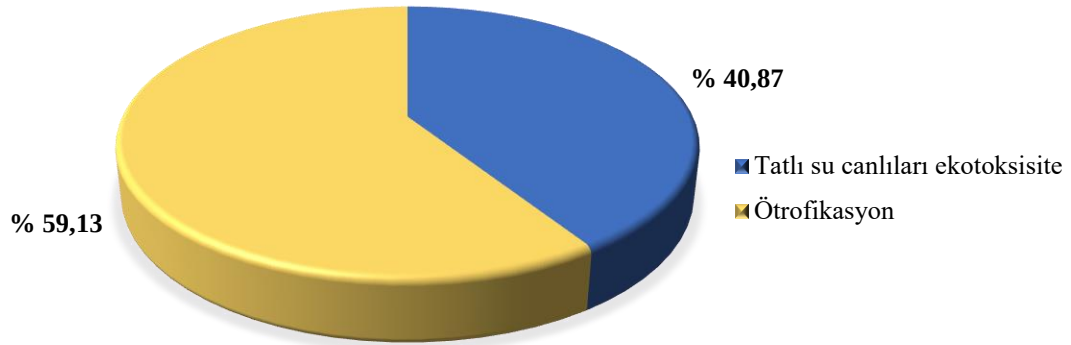


Şekil 4.41. Dallı Darı Biyokütlesi Üretiminde Bölgesel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

Bölgesel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 4.41), asitleşme etkisinin (%91,63) bölgesel etkiye en fazla sebep olduğu saptanmıştır. Bitkinin bünyesindeki elementler, asitleşme etkisinin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle ürünün yetiştirildiği bölgenin topraklarında ya da sulak alanlarında asitleşme ve korozyon görülebileceği düşünülmektedir. Bu durumda yetiştirilebilecek başka ürünlerin kısıtlanması ve yetiştirebilecek ürünlerin de verimlerinde düşmelere sebep olabilecektir.

4.22.2.3. Yerel Etki

Bingöl ilinde üretilen dallı darı biyokütlesi üretiminin normalleştirme değerlendirmesine göre insan zehirlenmesi değeri $-10,630E-14$, tatlı su canlıları ekotoksosite değeri $11,806E-14$, kara canlıları ekotoksosite değeri $-22,593E-14$ ve ötrofikasyon değeri $17,080E-14$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.76).



Şekil 4.42. Dalı Darı Biyokütlesi Üretiminde Yerel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

İnsan zehirlenmesi ve kara canlılarının ekotoksosite değerlerinin, negatif çıkması biyokütle üretiminin yerel etkilerinin faydalı olduğu düşünülenebilir. Çünkü bu negatif değer, dalı darı biyokütlesinden dolayı ortaya çıkmaktadır. Biyokütle bünyesindeki elementler vasıtasıyla topraktan, sudan ve havadan insan ve kara canlılarında zehirlenmeye sebep olacak zararlı elementleri alıp, filtreleme yapabileceği varsayılmaktadır. Bu iddiayı dalı darı bitkisi için yapılan fitoremediasyon çalışmaları da desteklemektedir (Alacabey ve Zorer Çelebi 2020).

Şekil 4.42 incelendiğinde, ötrofikasyon etkisinin (%59,13) oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Bingöl ilinde göller bulunmaktadır. Ötrofikasyon etkisinin yüksek çıkması sebebiyle ileri safhalarda göllerde oksijen tükeneceği için ilgili sistem önce bataklığa sonra çayıra dönüşerek su formundan kara formuna geçebileceği tahmin edilmektedir. Ötrofikasyon etkisi aynı zamanda su ortamında yaşayan canlıların sayısında da azalmaya sebep olabileceği varsayılmaktadır. Bu etkiyi tatlı su canlılarının ekotoksosite etkisi (%40,87) takip etmiştir. Bu etkiler aynı zamanda, yerel olarak çevreyi oldukça olumsuz olarak da etkilemektedirler. Tarımsal safhadaki sulama uygulamalarının bu etkilerin atmasına sebep olduğu görülmüştür.

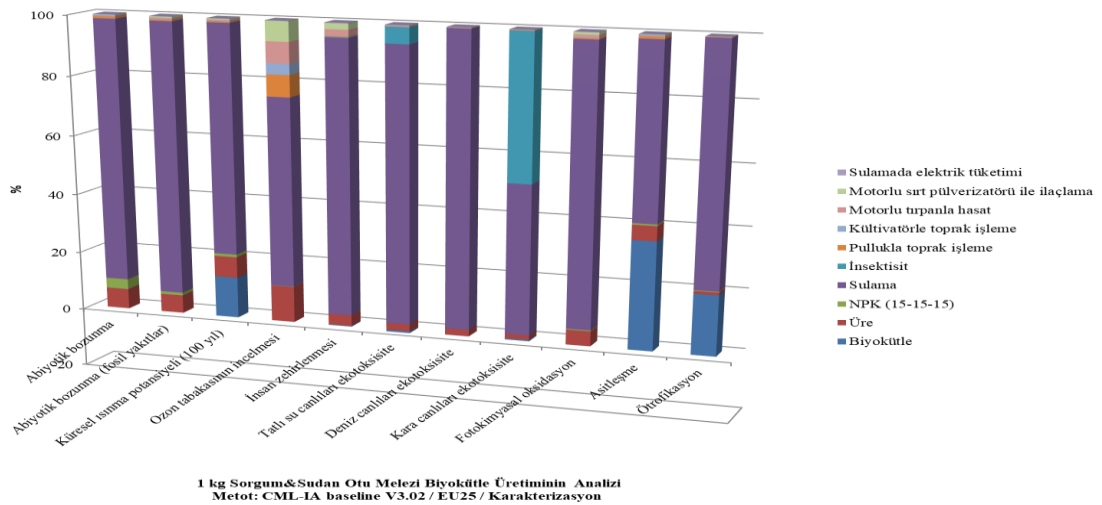
4.23. Sorgum & Sudan Otu Melezi Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

4.23.1. Sorgum & Sudan Otu Melezi Üretiminin Etki Değerlendirmesi

Biyokütle üretimi amacıyla, Bingöl ilinde sorgum & sudan otu melezi yetiştirilmesinin yaşam döngüsü envanter analizi sonucunda hesaplanan veriler doğrultusunda CML-IA baseline modeline göre SimaPro 8.0.5.13 Analyst bilgisayar yazılımında etki değerlendirmesi yapıldıktan sonra Tablo 4.77'deki karakterizasyon değerleri elde edilmiştir. Şekil 4.43'te üretim süreçlerinin etki kategorileri içindeki %'lik dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 4.77. Sorgum & Sudan Otu Melezi 1 kg^{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri

Etki Kategorileri	Birim	Sorgum & sudan otu melezi
Abiyotik Bozunma	kg Sb-eş	7,435E-07
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	MJ	2,223
Küresel Isınma Potansiyeli (100 yıl)	kg CO ₂ -eş	0,195
Ozon Tabakasının İncelmesi	kg CFC11-eş	1,224E-08
İnsan Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş	0,150
Tatlı Su Canlıları Ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş	0,084
Deniz Canlıları Ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş	233,792
Kara Canlıları Ekotoksisite	kg 1.4-DB-eş	0,001
Fotokimyasal Oksidasyon	kg C ₂ H ₄ -eş	5,380E-05
Asitleşme	kg SO ₂ -eş	0,001
Ötrofikasyon	kg PO ₄ -eş	0,002



Şekil 4.43. YDD Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerlerinin %'lik Olarak Karşılaştırılması

Tablo 4.77 incelendiğinde ve Şekil 4.43 yorumlandığında;

Abiyotik bozunma değeri, $7,435E-07$ kg Sb-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Abiyotik bozunmaya en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre ve 15-15-15 kompoze) takip ettiği tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda abiyotik bozunma değerini; Sutter and Jungbluth (2007) sorgum bitkisinde $0,0001188$ kg Sb-eş/kg_{biyokütle}, Iriarte et al. (2010) Şile’de enerji bitkisi olarak değerlendirdikleri ayçiçeği ve kolzada sırasıyla $3,0E+00$ - $2,0E+00$ kg Sb-eş/ton, Eren ve Öztürk (2021) sorgumda $0,0003163$ kg Sb-eş/kg_{biyokütle} olarak elde etmişlerdir.

Abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri, $2,223$ MJ/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Abiyotik bozunmaya (fosil yakıtlar) en olumsuz yönde etkileyen sürecin sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci gübrelemenin (Üre) takip ettiği tespit edilmiştir.

Küresel ısınma potansiyeli, $0,195$ kg CO₂-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınma potansiyeli en olumsuz yönde etkileyen sürecin sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci biyokütlenin kendisi ve gübrelemenin (Üre) takip ettiği tespit edilmiştir. Küresel ısınma potansiyeli ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda $0,03120701$ kg CO₂-eş/kg_{biyokütle}, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla $8,9E+02$ - $8,2E+02$ kg CO₂-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda $0,517$ kg CO₂-eş/kg_{biyokütle}, Gonzalez-Garcia et al. (2016) sorgum+arpa silajında 232 kg CO₂-eş/ton_{kurumadde}, sorgum+yulaf silajında 282 kg CO₂-eş/ton_{kurumadde}, Eren ve Öztürk (2021) tatlı sorgumda $0,114$ kg CO₂-eş/kg_{biyokütle} olarak elde etmişlerdir.

Ozon tabakasının incelmesi değeri, $1,224E-08$ kg CFC11-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Ozon tabakasının incelmesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre) ve pullukla toprak işlemenin takip ettiği tespit edilmiştir. Ozon tabakasının incelmesi değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda $0,00000000211$ kg CFC11-eş/kg_{biyokütle}, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla $4,6E-05$ – $2,9E-05$ kg CFC11-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda $0,00005474$ kg CFC11-eş/kg_{biyokütle}, Gonzalez-Garcia et al. (2016) sorgum+arpa silajında $1,7*10^{-5}$ kg CFC11-eş/ton_{kurumadde}, sorgum+yulaf silajında $2,0*10^{-5}$ kg CFC11-eş/ton_{kurumadde}, Eren ve Öztürk (2021) $0,00000000561$ kg CFC11-eş/kg_{biyokütle} olarak elde etmişlerdir.

İnsan zehirlenmesi değeri, 0,150 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. İnsan zehirlenmesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre) takip ettiği tespit edilmiştir. İnsan zehirlenmesi değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda 0,012 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla 1,3E+02 – 5,8E+01 kg 1.4-DB-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda 0,004 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}, Gonzalez-Garcia et al. (2016) sorgum+arpa silajında 28,1 kg 1.4-DB-eş/ton_{kurumadde}, sorgum+yulaf silajında 33,7 kg 1.4-DB-eş/ton_{kurumadde}, Eren ve Öztürk (2021) 0,028 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} olarak elde etmişlerdir.

Tatlı su canlıları ekotoksosite değeri, 0,084 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Tatlı su canlıları ekotoksitesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, insektisit kullanımının takip ettiği tespit edilmiştir. Tatlı su canlıları ekotoksosite değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda 0,015 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla 4,9E+03 – 1,2E+02 kg 1.4-DB-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda 0,023 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}, Gonzalez-Garcia et al. (2016) sorgum+arpa silajında 0,641 kg 1.4-DB-eş/ton_{kurumadde}, sorgum+yulaf silajında 0,764 kg 1.4-DB-eş/ton_{kurumadde}, Eren ve Öztürk (2021) 0,008 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} olarak elde etmişlerdir.

Deniz canlıları ekotoksosite değeri, 233,792 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Deniz canlıları ekotoksitesine en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre) takip ettiği tespit edilmiştir. Deniz canlıları ekotoksosite değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda 0,003 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla 1,9E+05 – 1,7E+05 kg 1.4-DB-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda 0,456 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}, Gonzalez-Garcia et al. (2016) sorgum+arpa silajında 0,682 kg 1.4-DB-eş/ton_{kurumadde}, sorgum+yulaf silajında 0,818 kg 1.4-DB-eş/ton_{kurumadde}, Eren ve Öztürk (2021) 0,007 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} olarak elde etmişlerdir.

Kara canlıları ekotoksosite değeri, 0,001 kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır. Kara canlıları ekotoksitesine en olumsuz yönde etkileyen süreçlerin, sulama ve insektisit uygulamaları olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreçleri, gübrelemenin (Üre) takip ettiği tespit edilmiştir. Kara canlıları ekotoksosite değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and

Jungbluth (2007) sorgumda 0,00007133 kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla 6,9E+00 – 1,4E+00 kg 1.4-DB-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda 0,003886 kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle, Gonzalez-Garcia et al. (2016) sorgum+arpa silajında 0,047 kg 1.4-DB-eş/tonkurumadde, sorgum+yulaf silajında 0,046 kg 1.4-DB-eş/tonkurumadde, Eren ve Öztürk (2021) 0,00001257 kg 1.4-DB-eş/kgbiyokütle olarak elde etmişlerdir.

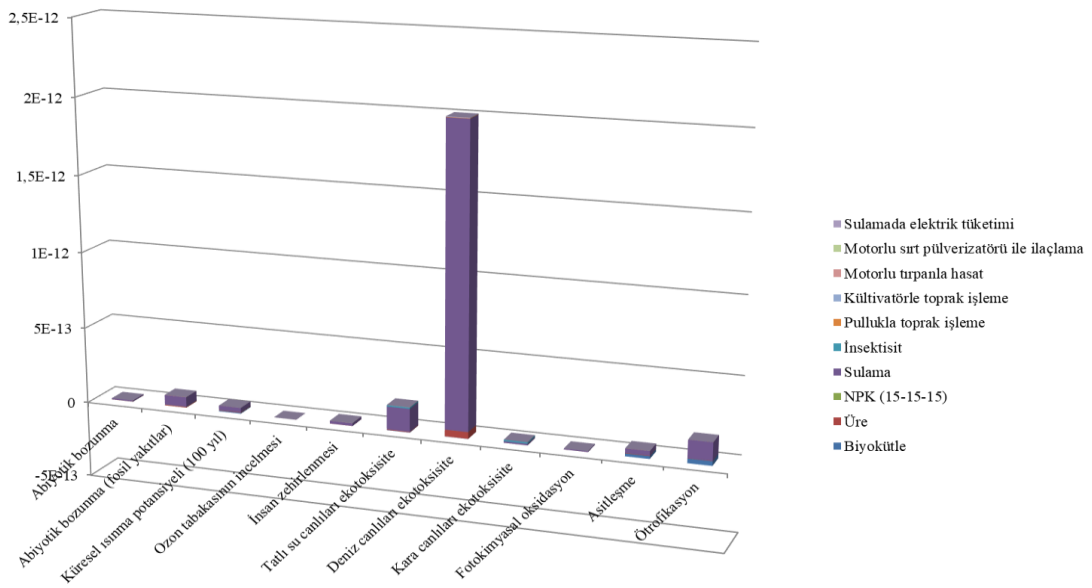
Fotokimyasal oksidasyon değeri, 5,380E-05 kg C₂H₄-eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Fotokimyasal oksidasyona en olumsuz yönde etkileyen sürecin, sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, gübrelemenin (Üre) takip ettiği tespit edilmiştir. Fotokimyasal oksidasyon değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda 0,00000261 kg C₂H₄-eş/kgbiyokütle, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla 1,1E+00 – 2,4E-01 kg C₂H₄-eş/ton, Gonzalez-Garcia et al. (2016) sorgum+arpa silajında 2,1 kg C₂H₄-eş/tonkurumadde, sorgum+yulaf silajında 2,6 kg C₂H₄-eş/tonkurumadde, Eren ve Öztürk (2021) 0,00000503 kg C₂H₄-eş/kgbiyokütle olarak elde etmişlerdir.

Asitleşme değeri, 0,001 kg SO₂-eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Asitleşmeye en olumsuz yönde etkileyen sürecin sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, biyokütlenin kendisinin takip ettiği tespit edilmiştir. Asitleşme değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda 0,0002426 kg SO₂-eş/kgbiyokütle, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla 2,3E+01 – 1,9E+01 kg SO₂-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda 0,00927 kg SO₂-eş/kgbiyokütle, Eren ve Öztürk (2021) 0,0005456 kg SO₂-eş/kgbiyokütle olarak elde etmişlerdir.

Ötrofikasyon değeri, 0,002 kg PO₄-eş/kgbiyokütle olarak hesaplanmıştır. Ötrofikasyona en olumsuz yönde etkileyen sürecin sulama olduğu belirlenmiştir. Bu olumsuz süreci, biyokütlenin kendisinin takip ettiği tespit edilmiştir. Ötrofikasyon değeri ile ilgili yapılan çalışmalarda; Sutter and Jungbluth (2007) sorgumda 0,0002601 kg PO₄-eş/kgbiyokütle, Iriarte et al. (2010) ayçiçeği ve kolzada sırasıyla 9,0E+00 – 7,2E+00 kg PO₄-eş/ton, Wang et al. (2014) sorgumda 0,0035 kg PO₄-eş/kgbiyokütle, Eren ve Öztürk (2021) 0,0004493 kg PO₄-eş/kgbiyokütle olarak elde etmişlerdir.

Tablo 4.78. Sorgum & Sudan Otu Melezi 1 kg_{biyokütle} Üretimi YDD'si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri

Etki Kategorileri	Sorgum & Sudan otu melezi (xE14)
Abiyotik Bozunma	0,877
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	7,070
Küresel Isınma Potansiyeli (100 yıl)	3,876
Ozon Tabakasının İncelmesi	0,014
İnsan Zehirlenmesi	1,936
Tatlı Su Canlıları Ekotoksisite	16,229
Deniz Canlıları Ekotoksisite	200,360
Kara Canlıları Ekotoksisite	2,011
Fotokimyasal Oksidasyon	0,635
Asitleşme	5,098
Ötrofikasyon	14,842



Şekil 4.44. YDD Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerlerinin Etki Kategorileri Bazında Karşılaştırılması

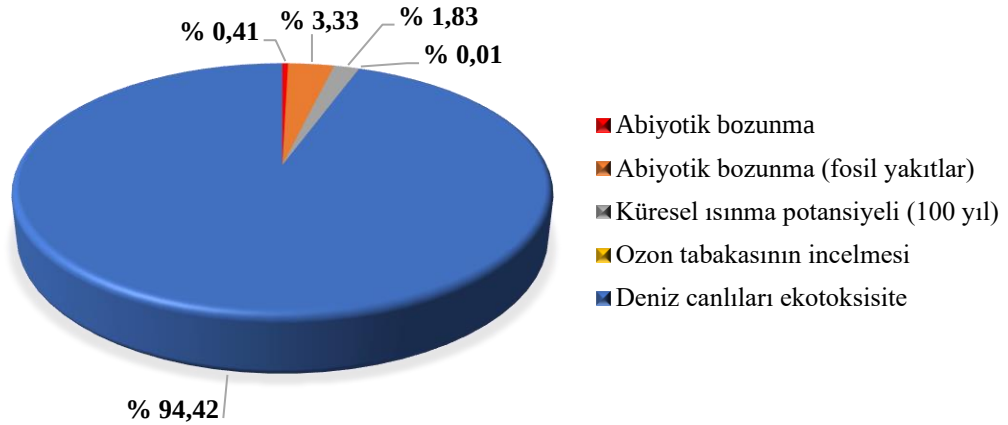
Karakterizasyon değerlerinin normalleştirilmesinden sonra etki kategorileri kendi aralarında karşılaştırıldığında (Şekil 4.44), sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi üretiminin deniz canlılarının zehirlenmesine aşırı sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu etkiyi sırasıyla, tatlı su canlıları ekotoksisitesi, ötrofikasyon, abiyotik bozulma (fosil yakıtlar),

asitleşme ve küresel ısınma potansiyeli etkileri takip etmektedir. Diğer etki kategorilerine ise minimum seviyede etkide bulundukları saptanmıştır.

4.23.2. Yorumlama

4.23.2.1. Küresel Etki

Bingöl ilinde üretilen sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi normalleştirme değerlendirmesine göre deniz canlıları ekotoksosite değeri $200,360E-14$, küresel ısınma potansiyeli $3,876E-14$, ozon tabakasının incilmesi değeri $0,014E-14$, abiyotik bozunma değeri $0,877E-14$ ve abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri $7,070E-14$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.78).



Şekil 4.45. Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütlesi Üretiminde Küresel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

Küresel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 4.45), deniz canlıları ekotoksosite etkisinin (%94,42) küresel etkiye en fazla sebep olduğu saptanmıştır. Deniz canlıları ekotoksosite değeri normal şartlarda yerel etkiler altında sınıflandırılmaktadır. Bingöl ili denize yakın bir il olmadığından araştırmada deniz canlıları ekotoksosite değeri küresel etki içinde sınıflandırılmıştır. Tarımsal safhadaki sulama uygulamalarının bu etkinin artmasına sebep olduğu görülmüştür. Sulama ile ilgili çalışmalar yapılp, sulamanın etkisini minimize edecek uygulamalar belirlenmelidir.

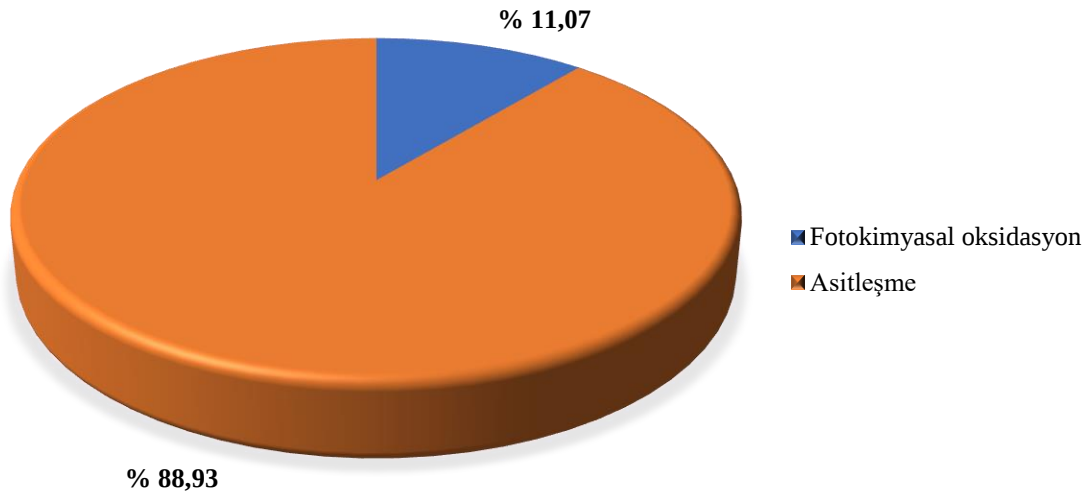
Deniz canlıları ekotoksosite değerini abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisinin (%3,33) takip ettiği saptanmıştır. Tarımsal safhadaki sulama uygulamaları abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisinin artmasında etkili olmuştur. Abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisinin artması sebebiyle doğal kaynakların özellikle fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükeneyeceği tahmin edilmektedir.

Küresel etkiye sebep olan diğer bir etkide, küresel ısınma potansiyeli (%1,83) etkisi olarak saptanmıştır. Küresel ısınmanın önümüzdeki 100 yıl içinde kutuplarda erimeye ve mevsimlerde farklılığa dolayısıyla iklim değişikliğine sebep olacağı öngörülmektedir.

Abiyotik bozunma ve ozon tabakası incilmesi değerlerinin küresel etkiyi oldukça düşük oranlarda etkiledikleri de belirlenmiştir.

4.23.2.2. Bölgesel Etki

Bingöl ilinde üretilen sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi normalleştirme değerlendirmesine göre fotokimyasal oksidasyon değeri $0,635E-14$ ve asitleşme değeri $5,098E-14$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.78).



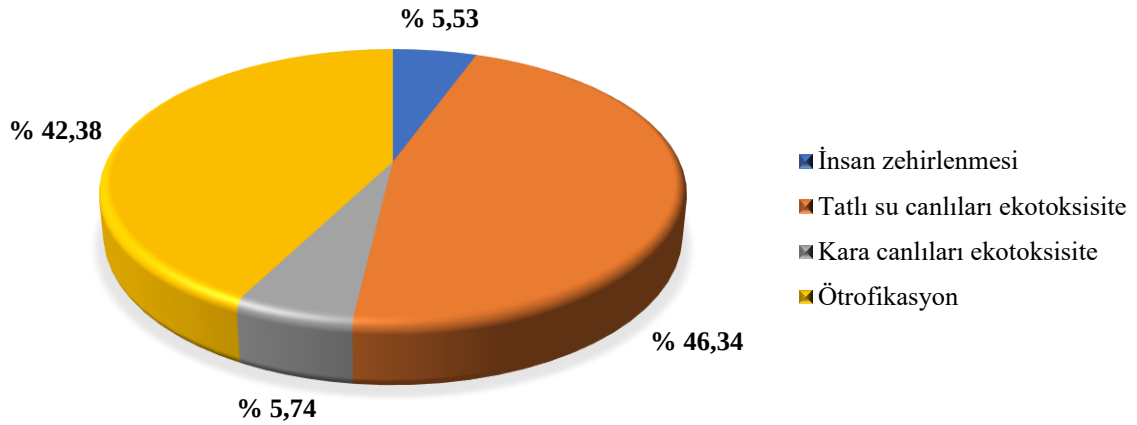
Şekil 4.46. Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütlesi Üretiminde Bölgesel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

Bölgesel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 4.46), asitleşme etkisinin (%88,93) bölgesel etkiye en fazla sebep olduğu saptanmıştır. Tarımsal safhadaki sulama uygulamaları, asitleşme etkisinin artmasına neden olmuştur.

Fazla sulamanın topraktaki asitleşmeye sebep olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle bölgenin topraklarında ya da sulak alanlarında asitleşme ve korozyon görülebileceği düşünülmektedir. Bu durumda yetiştirilebilecek başka ürünlerin kısıtlanması ve yetiştirebilecek ürünlerin de verimlerinde düşmelere sebep olabilecektir.

4.23.2.3. Yerel Etki

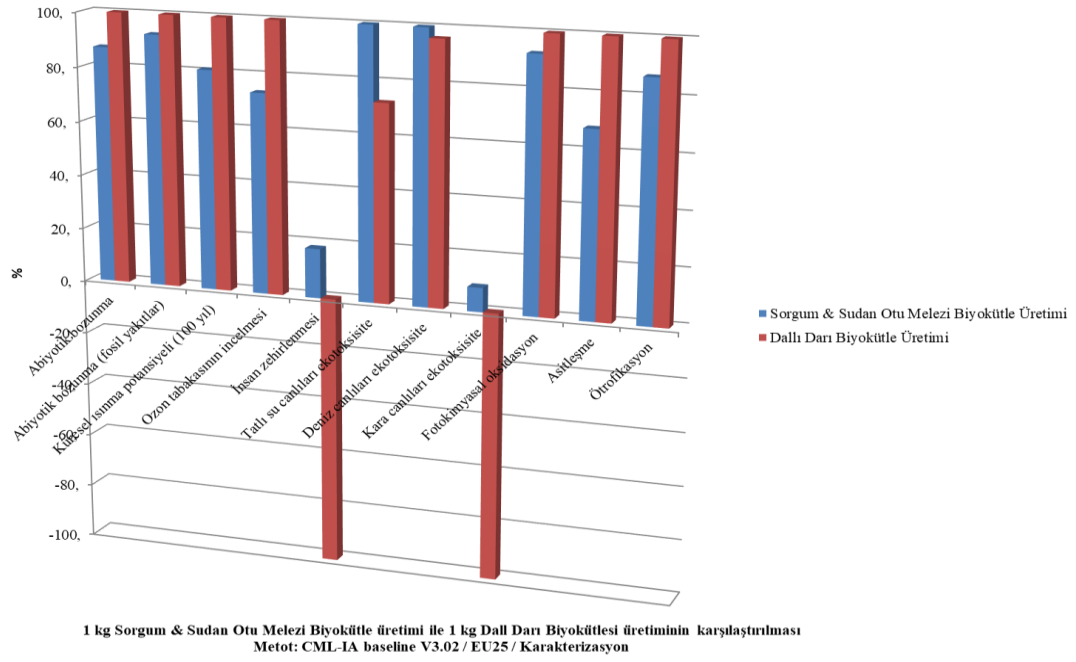
Bingöl ilinde üretilen sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi üretiminin normalleştirme değerlendirmesine göre insan zehirlenmesi değeri $1,936E-14$, tatlı su canlıları ekotoksisite değeri $16,229E-14$, kara canlıları ekotoksisite değeri $2,011E-14$ ve ötrofikasyon değeri $14,842E-14$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.78).



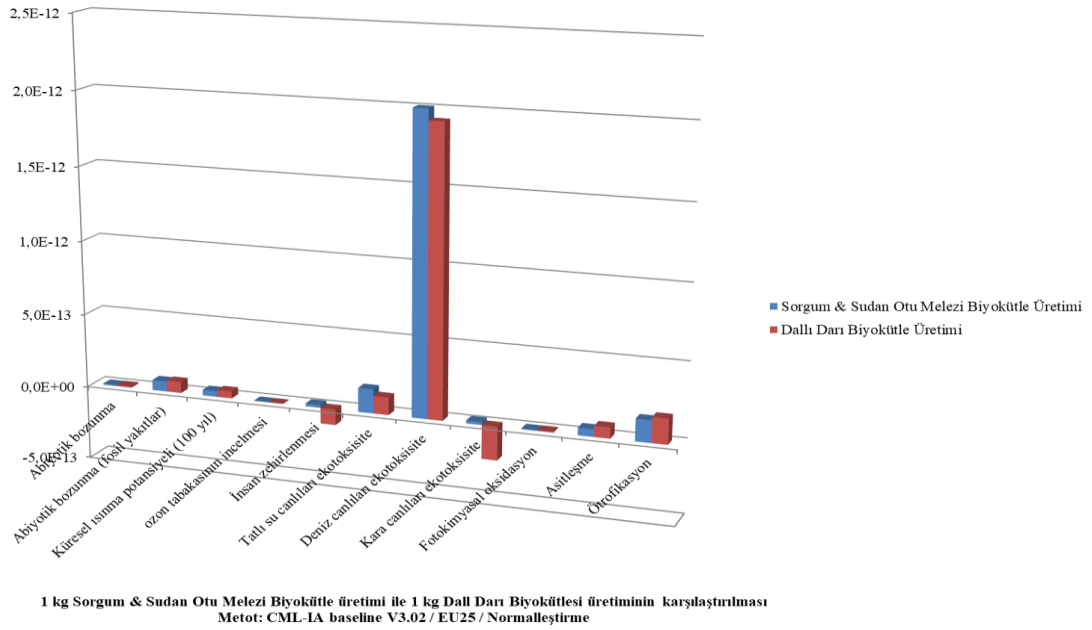
Şekil 4.47. Sorgum & Sudan Otu Melezi Biyokütlesi Üretiminde Yerel Etkilere Sebep Olan Etki Kategorilerinin Dağılımı

Şekil 4.47 incelendiğinde, tatlı su canlıları ekotoksisite etkisinin (%46,34) yüksek olduğu saptanmıştır. Bu etki aynı zamanda, yerel olarak çevreyi oldukça olumsuz olarak etkilemektedir. Tatlı su canlıları ekotoksisitesini, ötrofikasyon etkisinin (%42,38) takip ettiği saptanmıştır. Tarımsal safhada sulama uygulamaları, tatlı su canlıları ekotoksisitesinin ve ötrofikasyon etkisinin atmasına neden olmuştur. Bu nedenle; biyokütlenin yetiştirildiği yerdeki tatlı su canlılarında ve biyoçeşitlilikte azalma olabilir.

4.24. Karşılaştırma



Şekil 4.48. Her İki Biyokütle Üretiminin Karşılaştırılması (Karakterizasyon)



Şekil 4.49. Her İki Biyokütle Üretiminin Karşılaştırılması (Normalleştirme)

Her iki biyokütle için etki değerleri bulunduğundan ve yorumlamalar yapıldıktan sonra iki biyokütle karakterizasyon (Şekil 4.48) ve normalleştirme (Şekil 4.49) değerleri bakımından birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Dallı darı biyokütle üretiminin, abiyotik bozunma, abiyotik bozunma (fosil yakıtlar), küresel ısınma potansiyeli, ozon tabakasının incilmesi, fotokimyasal oksidasyon, asitleşme ve ötrofikasyon etkileri sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi üretimine göre daha fazla olduğu saptanmıştır.
- Dallı darı biyokütle üretiminin, insan zehirlenmesi, tatlı su canlıları ekotoksiksetisi, deniz canlıları ekotoksiksetisi ve kara canlıları ekotoksiksetisi etkileri sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi üretimine göre daha az olduğu belirlenmiştir.
- Ayrıca, dallı darı biyokütle üretiminin insan zehirlenmesi ve kara canlıları ekotoksiksetisine olumlu yönde etki ederken, sorgum & sudan otu melezi biyokütlesi üretiminin ise olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir.
- Her iki biyokütle üretiminin deniz canlıları ekotoksiksetisini oldukça etkiledikleri de saptanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bazı sorgum & sudan otu melezi ve dallı darı çeşitlerinin Bingöl ekolojik koşullarında biyoenerji bitkisi olarak adaptasyonu konusunda yürütülen araştırma sonucu elde edilen morfolojik, biyokimyasal ve tarımsal bazı özelliklerle, tarımsal yaşam döngüsü değerlendirmesi (TYDD) yapılmıştır.

Araştırma Doğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarını temsilen Bingöl'de 2019-2020 yıllarında yürütülmüştür. Deneme alanı topraklarının killi-tınlı yapıda organik maddece az, tuzsuz, hafif asidik ve kireçsiz yapıda olduğu saptanmıştır.

Karasal iklim kuşağına sahip Bingöl'de; uzun yıllar, 2019 ve 2020 yıllarına ait iklim verileri sırasıyla, toplam yıllık yağış 950,2 mm, 953,5 mm ve 839,2 mm, en sıcak ay ortalama 26,6 °C ile Temmuz, 27,3 °C ile Ağustos ve 27,0 °C ile Temmuz, en soğuk ay ortalama -2,5 °C, -1,0 °C ve 0,4 °C ile ocak ayı olarak belirlenmiştir.

Araştırmada elde edilen bulguları şu şekilde özetlemek mümkündür;

- Dalli darıda bitki boyu ortalamaları 157,3 cm ile 200,1 cm aralığında değişim göstermiştir. En yüksek bitki boyu ortalaması Kanlow ve Alamo çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum& sudan otu melezi çeşitlerinde bitki boyu ortalamaları 219,5 cm ile 282,8 cm aralığında değişim göstermiş, en yüksek bitki boyu Tonka ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Greengo çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dalli darı bitkisine ait kardeş sayısı 44,46 adet ile 65,22 adet aralığında değişim göstermiş, en yüksek kardeş sayısı Kanlow çeşidinden elde edilmiştir.
- Sorgum & sudan otu melezine ait sap/yaprak oranı %2,73 ile %5,90 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek sap/yaprak oranı Supergraze 1000 ve Tonka çeşitlerinden elde edilmiştir.

- Dallı darı biyokütle verimleri 1177 kg/da ile 2659 kg/da aralığında değişim göstermiş, en yüksek biyokütle verimi Kanlow çeşidinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi biyokütle verimleri 3527 kg/da ile 5954 kg/da aralığında değişim göstermiştir. En yüksek biyokütle verimi Jumbo ve Master BMR çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı kuru biyokütle verimleri 845 kg/da ile 1756 kg/da aralığında değişim göstermiş, en yüksek kuru biyokütle verimi Kanlow ve Alamo çeşitlerinde saptanmıştır.
- Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerine ait sap verimi 2687 kg/da ile 4673 kg/da aralığında değişim göstermiş, en yüksek sap verimi Master BMR ve Jumbo çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerine ait sap öz suyu verimi 1054,9 l/da ile 2139,3 l/da aralığında değişim göstermiştir. En yüksek sap öz suyu verimi Jumbo çeşidinde saptanmıştır.
- Dallı darı çeşitlerinde ADF içerikleri %40,90 ile %43,97 aralığında değişim göstermiş, en yüksek ADF oranı Kanlow ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Cave in Rock çeşitlerinden elde edilmiştir. Sorgum & sudan otu melezi ADF içerikleri %36,13 ile %44,09 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek ADF oranı Jumbo ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Sugar Graze II ve Greengo çeşitlerinde saptanmıştır.
- Dallı darı NDF içerikleri %69,78 ile %75,30 aralığında değişim göstermiş, en yüksek NDF oranı Kanlow çeşidinden elde edilmiştir. Sorgum & sudan otu melezi NDF içerikleri %55,16 ile %67,44 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek NDF oranı Jumbo çeşidinde saptanmıştır.
- Dallı darı çeşitlerinde ADL içerikleri %5,87 ile %9,47 aralığında değişim göstermiştir. En düşük ADL oranı Alamo çeşidinden elde edilmiştir. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde ADL içerikleri %9,24 ile %13,93 aralığında değişim göstermiştir. En düşük ADL oranı Master BMR çeşidinde saptanmıştır.

- Dallı darı çeşitlerinde selüloz içerikleri %31,64 ile %35,03 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek selüloz oranı Alamo, Kanlow ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Cave in Rock çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde selüloz içerikleri %26,31 ile %33,48 aralığında değişim göstermiş, en yüksek selüloz oranı Sugar Graze II ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Greengo çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde hemiselüloz içerikleri %28,88 ile %31,33 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek hemiselüloz oranı Kanlow, Alamo, Cave in Rock ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Shawnee çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde hemiselüloz içerikleri %19,03 ile %21,40 aralığında değişim göstermiş, en yüksek hemiselüloz oranı Nutri Honey, Süper Su 22, Supergraze 1000 ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Jumbo, Tonka ve Greengo çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde kül içerikleri %4,98 ile %7,40 aralığında değişim göstermiştir. En düşük kül içeriğinin Kanlow ve Alamo çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde kül içerikleri %4,19 ile %5,44 aralığında değişim göstermiş, en düşük kül içeriği Tonka ve Master BMR çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde karbon içerikleri %42,66 ile %45,21 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek karbon oranı Kanlow ve Alamo çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde karbon içerikleri %41,54 ile %43,52 aralığında değişim göstermiş, en yüksek karbon oranı Sugar Graze II çeşidinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde hidrojen içerikleri %5,55 ile %5,92 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek hidrojen oranı Shawnee, Alamo ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Kanlow ve Cave in Rock çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde hidrojen içerikleri %5,72 ile %6,01 aralığında değişim göstermiş, en yüksek hidrojen oranı Master BMR çeşidinden elde edilmiş, ancak Sugar Graze II, Nutrima, Süper Su 22, Aneto, Nutri Honey ve Supergraze 1000 çeşitlerine ait hidrojen oranı değerleri en yüksek ortalamadan farklı bulunmamıştır.

- Biyokütle ısı değeri ile arasında negatif korelasyon bulunan biyokütlenin azot içerikleri dallı darıda %0,71 ile %1,11 aralığında değişim göstermiştir. En düşük azot oranı Cloud Nine çeşidinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde azot içerikleri %0,50 ile %0,91 aralığında değişim göstermiş, en düşük azot oranı Süper Su 22 ve Tonka çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde kükürt içerikleri %0,019 ile %0,025 aralığında değişim göstermiştir. En düşük kükürt oranı Kanlow, Alamo ve Cave in Rock çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde kükürt içerikleri %0,013 ile %0,016 aralığında değişim göstermiş, istatistiki olarak çeşitler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.
- Dallı darı çeşitlerinde oksijen içerikleri %47,83 ile %51,06 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek oksijen oranı Cloud Nine çeşidinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde oksijen içerikleri %49,67 ile %51,63 aralığında değişim göstermiş, en yüksek oksijen oranı Aneto ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Greengo, Jumbo ve Nutri Honey çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde ısı değerler 17,02 Mj/kg ile 17,99 Mj/kg aralığında değişim göstermiştir. En yüksek ısı değeri Kanlow ve istatistiki olarak aynı grupta yer alan Alamo ve Shawnee çeşitlerinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde ısı değerler 17,12 Mj/kg ile 17,75 Mj/kg aralığında değişim göstermiş, en yüksek ısı değeri Sugar Graze II ve Master BMR çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde şeker oranı %31,70 ile %43,88 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek şeker oranı Cave in Rock çeşidinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde şeker oranı %8,02 ile %15,27 aralığında değişim göstermiş, en yüksek şeker oranı Nutrima, Süper Su 22 ve Aneto çeşitlerinden elde edilmiştir.
- Dallı darı çeşitlerinde etanol verimi 147,2 l/da ile 409,7 l/da aralığında değişim göstermiştir. En yüksek etanol verimi Kanlow çeşidinde saptanmıştır. Sorgum & sudan otu melezi çeşitlerinde etanol verimi 77,9 l/da ile 150,5 l/da aralığında değişim göstermiş, en yüksek etanol verimi Nutrima ve Aneto çeşitlerinden elde edilmiştir.

- Dallı darı ve sorgum & sudan otu melezinin biyokütle üretimi amacıyla yetiştirilmelerinin tarımsal yaşam döngüsü etki değerlendirmesi karakterizasyon değerlerine göre; abiyotik bozunma değeri, $8,527E-07$ kg Sb-eş/kg_{biyokütle} ve $7,435E-07$ kg Sb-eş/kg_{biyokütle}; abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri, $2,399$ MJ/kg_{biyokütle} ve $2,223$ MJ/kg_{biyokütle}; küresel ısınma değeri, $0,240$ kg CO₂-eş/kg_{biyokütle} ve $0,195$ kg CO₂-eş/kg_{biyokütle}; ozon tabakasının incilmesi değeri, $1,660E-08$ kg CFC11-eş/kg_{biyokütle} ve $1,224E-08$ kg CFC11-eş/kg_{biyokütle}; insan zehirlenmesi değeri, $-0,824$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} ve $0,150$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}; temiz su canlılarının zehirlenmesi değeri, $0,0612$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} ve $0,084$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}; deniz canlılarının zehirlenmesi değeri, $225,136$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} ve $233,792$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}; kara canlılarının zehirlenmesi değeri, $-0,011$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle} ve $0,001$ kg 1.4-DB-eş/kg_{biyokütle}; fotokimyasal oksidasyon değeri, $5,795E-05$ kg C₂H₄-eş/kg_{biyokütle} ve $5,380E-05$ kg C₂H₄-eş/kg_{biyokütle}; asitleşme değeri, $0,002$ kg SO₂-eş/kg_{biyokütle} ve $0,001$ kg SO₂-eş/kg_{biyokütle} ve ötrofikasyon değeri, $0,002$ kg PO₄-eş/kg_{biyokütle} ve $0,002$ kg PO₄-eş/kg_{biyokütle} olarak hesaplanmıştır.
- Karakterizasyon sonucuna göre dallı darı biyokütlesinin kara canlıları ve insan zehirlenmesi etki kategorileri negatif değerler olarak hesaplanmıştır. TYDD’de negatif etki olumlu bir etki olarak değerlendirilmektedir.
- Dallı darı ve sorgum & sudan otu melezinin biyokütle üretimi amacıyla yetiştirilmelerinin tarımsal yaşam döngüsü etki değerlendirmesi normalleştirilme sonucunda etki kategorileri arasında en fazla çevresel etki, deniz canlılarının zehirlenmesi olarak belirlenmiştir.

Öneriler;

- Karasal iklimin hüküm sürdüğü Doğu Anadolu Bölgesi ve benzer ekolojik gösteren yerlerde, yenilenebilir enerji kaynaklarının yanında biyoenerji tarımının da potansiyelini ortaya koymaktadır.
- Araştırma sonucunda biyoetanol verimi açısından dallı darı türünde Kanlow çeşidi, sorgum & sudan otu melezi türünde Nutrima ve Aneto çeşitlerinin üstün özellikler

gösterdiği tespit edilmiştir. Karasal iklim özellikleri gösteren ekolojik koşullarda biyoenerji tarımında dallı darı ve sorgum & sudan otu melezi türlerinin potansiyel enerji bitkileri olarak yetiştirilmesi önerilebilir.

- Isıl değerler bakımından değerlendirildiğinde her iki bitki türünün de kaliteli linyit kömüre eşdeğer ve daha yüksek olması biyokütle olarak değerlendirilmelerini de mümkün kılmaktadır.
- Biyoküteller, elementel içerikleri açısından değerlendirildiğinde C ve H içeriklerinin yüksek, N ve S içeriklerinin düşük çıkması sebebiyle her iki bitki türü biyogaz üretimi amacıyla yetiştirilebilir.
- Sulama ve gübre uygulamaları en fazla çevre kirleticiler olarak tespit edildiğinden, farklı sulama ve gübre uygulamaları ile ilgili araştırmalar yapılmalıdır.
- Birçok literatürde çevrenin kirlenmesinde biyokütle ürünlerinin etkisi olmadığı bildirilmektedir. Fakat yapılan değerlendirme sonucunda her iki bitkinin farklı etki kategorilerine göre çevreyi olumlu/olumsuz etkiledikleri de saptanmıştır. Bu nedenle Türkiye için tarım ürünleri bazında yaşam döngüsü envanter veri tabanları oluşturulmalıdır.
- Ayrıca, literatürde dallı darının fitoremediasyon bitkisi olduğu ifade edilmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi sonucunda fitoremediasyona bitkisi olduğu saptanmıştır. Dallı darı benzeri fitoremediasyon özelliği bulunan bitkilerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalara daha fazla ağırlık verilmelidir.

KAYNAKLAR

Abideen Z, Ansari R, Khan MA (2011) Halophytes: potential source of ligno-cellulosic biomass for ethanol production. Biomass and Bioenergy 35: 1818-1822

Acar R, Akbudak MA, Sade B (2002) Konya ekolojik şartlarında silajlık sorgum x sudanotu melezlerinin verimleri ile verimi etkileyen bazı özelliklerin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16: 88-95

Adıyaman C, Erbil E, Efendioğlu Çelik A, Hatipoğlu H, Aksoy M, Acar M, Dok M (2020) İkinci ürün tatlı sorgum (*sorghum bicolor* L. moench) 'un Şanlıurfa koşullarında bazı tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(4): 3084-3094

Adler P.R, Del Grosso S.J, Parton W.J (2007) Life-Cycle Assessment of net greenhouse-gas flux for bioenergy cropping systems. Ecological Applications 17 (3): 675-691

Akdogan G (2004) Seker darısında (*Sorghum bicolor* L. Moench var. *saccharatum*) sıra aralığının ve azot dozlarının verim öğelerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi, Ankara

Akın, S (2015) Biyokütle olarak pirinanın enerji üretiminde kullanılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Mersin

Alacabey İ, Zorer-Çelebi Ş (2020) Dallı darı (*Panicum virgatum*)'nın kurşun, kadmiyum, krom toleransı ve akümülayon potansiyelinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(3): 2199-2206

Alexopoulou E, Sharma N, Papatheohari Y, Christou M, Piscioneri I, Panoutsou C, Pignatelli V (2008) Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region. Biomass and Bioenergy 32: 926-933

Almeida LGF, Parrella RAD, Simeone MLF, Ribeiro PCDO, Dos Santos AS, Da Costa ASV, Guimarães AG, Schaffert RE (2019) Composition and growth of sorghum biomass genotypes for ethanol production. Biomass Bioenergy, 122, 343-348

Ameen A, Tang C, Liu J, Han L, Xie GH (2019) Switchgrass as forage and biofuel feedstock: Effect of nitrogen fertilization rate on the quality of biomass harvested in late summer and early fall. *Field Crops Research*, 235: 154-162

Anonim (2018) Türkiye’de Biyoetanol Üretimi. <https://tr.linkedin.com/pulse/t%C3%BCrkiyede-biyoetanol-%C3%BCretimi-biyoenerji-derne%C4%9Fi> (Erişim tarihi: 27.03.2019)

Atalay M (2019) Farklı azot dozu uygulamalarının sorgum x sudanotu (*sorghum bicolor* (L.) Moench x *sorghum sudanense* (Piper) stapf) melez çeşitlerinin verim ve bazı kalite özelliklerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, s. 1-54

Avcıoğlu R, Geren H, Kavut YT (2009) In Yem Bitkileri, Buğdaygil ve Diğer Familyalardan Yem Bitkileri. Cilt III, Editör Avcıoğlu R, Hatipoğlu R, Karadağ Y, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Müdürlüğü, İzmir, 680-701

Aydınşakir K, Büyüktaş D, Dinç N, Erdurmuş C, Bayram E, Bayır-Yegin A (2021) Yield and bioethanol productivity of sorghum under surface and subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 243, 106452

Basar IA, Kökdemir Ünsar E, Ünyay H, Perendeci NA (2020) Ethanol, methane, or both? Enzyme dose impact on ethanol and methane production from untreated energy crop switchgrass varieties. *Renewable Energy*, 149, 287–297

Başaran R (2011) Bartın’da sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) çeşitlerinin ikinci ürün silajlık olarak yetiştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya, s. 47

Batog J, Frankowski J, Wawro A, Lacka A (2020) Bioethanol production from biomass of selected sorghum varieties cultivated as main and second crop. *Energies*, 13(23), 6291

Berti MT, Johnson BL (2013) Switchgrass establishment as affected by seeding depth and soil type. *Industrial Crops and Products* 41: 289-293

Bilen Y, Türk M (2021) Banaz şartlarda ikinci ürün sorgum-sudanotu melezlerinin yetiştirilmesi olanakları üzerine bir araştırma. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 16:1 46-51

British Petrol (BP) (2018) <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf> (Erişim Tarihi: 08.01.2021)

Bunphan D, Jaisil P, Sanitchon J, Knoll J, Anderson W (2015) Estimation methods and parameter assessment for ethanol yields from total soluble solids of sweet sorghum. *Industrial Crops and Products*, 63: 349-356

Canals LM (2003) Contributions to LCA methodology for agricultural systems. Site-dependency and soil degradation impact assessment. PhD. Thesis, Universitat Autònoma De Barcelona

Castro E, Nieves IU, Rondón V, Sagues WJ, Fernández-Sandoval MT, Yomano LP, York SW, Erickson J, Vermerris W (2017) Potential for ethanol production from different sorghum cultivars. *Ind Crop Prod* 109: 367-373

Coulson M, Dahl J, Gansekoele E, Bridgwater AV, Obernberger I, Van de Beld L (2004) Ash characteristics of perennial energy crops and their influence on thermal processing. In *Proceedings of the 2nd World Biomass Conference* pp. 359-362

Çeliktaş N, Ünal MÜ, Can E, Atış İ, Yavuz T, Eren Ö, Şener A (2017) Dünya biyoenerji model türü dallı darı (*panicum virgatum* L.) genotiplerinin ülkemiz akdeniz ve karasal iklim kusaklarında biyoetanol üretim kapasitelerinin belirlenmesi, seleksiyonu ve tohumluk üretimi. TÜBİTAK TOVAG, 113O009, TÜBİTAK, 49-52

Chandrasekaran SR, Sharma BK, Hopke PK, Rajagopalan N (2016) Combustion of switchgrass in biomass home heating systems: Emissions and ash behavior. *Energy Fuels*, 30, 2958-2967

Chakravarthi MK, Reddy YR, Rao KS, Ravi A, Punyakumari B, Ekambaram B (2017) A study on nutritive value and chemical composition of sorghum fodder. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 6 (1), 104-9

Clarke S, Preto F (2011) Biomass burn characteristics. Factsheet, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario, Microlog, 06928

Cole DP, Smith EA, Dalluge D, Wilson DW, Heaton EA, Brown RC, Lee YJ (2013) Molecular characterization of nitrogen-containing species in switchgrass bio-oils at various harvest times. *Fuel*, 111, 718-726.

Cole MR, Eggleston G, Petrie E, Uchimiya SM, Dalley C (2017) Cultivar and maturity effects on the quality attributes and ethanol potential of sweet sorghum. *Biomass Bioenergy*, 9, 183-192

Çoban Ü, Acar R (2018) Farklı tohum yataklarına ekilen sorgum sudan otu çeşitlerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 7(2): 32-38

Daniel EE, Ajit KM, Mark LJ.A, Danielle DB, Umakanta J, Gerald JW, Archie LW (2017) Evaluation of three cultivars of sweet sorghum as feedstocks for ethanol production in the Southeast United States. Article No: 004902, 1-18

Davila-Gomez FJ, Chuck-Hernandez C, Perez-Carrillo E, Rooney WL, Serna-Saldivar SO (2011) Evaluation of bioethanol production from five different varieties of sweet and forage sorghums (*Sorghum bicolor* (L) Moench). Industrial Crops & Products 33: 611-616

Davis S.C, Anderson-Teixeira K.J, Delucia E.H (2009) Life-cycle analysis and the ecology of biofuels. Trends in Plant Science 14 (3): 140-146

Demir D (2020) Harran Ovası ana ürün koşullarında geç olgunlaşma süresine sahip bazı tatlı sorgum (*sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L). mohlenbr.) genotiplerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, s. 1-80

Demirbaş A (2007) Progress and recent trends in biofuels. Progres in Energy and Combustion Science 33: 1-18

Demirbaş A (2008) Importance of biomass energy sources for Turkey. Energy Policy 36: 834-842

Demirbaş A (2009) Biofuels securing the planet's future energy needs. Energy Conversion and Management 50: 2239-2249

Diallo B, Li M, Tang C, Ameen A, Zhang W (2019) Biomass yield, chemical composition and theoretical ethanol yield for different genotypes of energy sorghum cultivated on marginal land in China. Industrial Crops & Products, 137: 221-230

Dien BS, Jung HJ, Vogel KP, Casler MD, Lamb JF, Iten L, Mitchell RB, Sarath G (2006) Chemical composition and response to dilute-acid pretreatment and enzymatic saccharification of alfalfa, reed canarygrass, and switchgrass. Biomass Bioenergy, 30(10):880-891

Don A, Osborne B, Hastings A, Skiba U, Carter MS, Drewer J, Lanigan G.J (2012) Land use change to bioenergy production in Europe: implications for the greenhouse gas balance and soil carbon. GB Bioenergy 4: 372-391

Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F (1956) Calorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28:3, 350-356

Dündar M, Ünlü M, Yücel C (2019) Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri dergisi, 24(5): 211-221

Elkasabi Y, A. Mullen C, Pighinelli A, Boateng A (2014) Hydrodeoxygenation of fast-pyrolysis bio-oils from various feedstocks using carbon-supported catalysts. Fuel Processing Technology, 123: 11-18.

EPDK (2012) Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16346&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 08.01.2021)

Eren Ö (2011) Çukurova Bölgesinde tatlı sorgum (*sorghum bicolor* (L.) moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Adana, s. 1-219

Eren Ö, Öztürk HH (2012) Tarımsal yaşam döngüsü değerlendirmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 17 (2): 25-38

Eren Ö, Öztürk HH (2021) Tatlı sorgum (*Sorghum Bicolor* (L)) biyokütlesinin yaşam döngüsündeğerlendirmesi ile çevresel etkilerinin belirlenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Özel Sayı 22:195-203

Erdurmus C, Yucel C, Cınar O, Yegin AB, Oten M (2018) Bioethanol and sugar yields of sweet sorghum. The International Journal of Engineering and Science (IJES) 7: 21-26

Escobar N, Ramirenz-Sanz C, Chueca P, Molto E, Sanjuan N (2017) Multiyear Life Cycle Assessment of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) production in the Mediterranean region of Spain: A comparative case study. Biomass and Bioenergy 107: 74-85

EU (2003) Directive 2003/30/EC of The European Parliament and of The Council, of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport

Fan P, Hao M, Ding F, Jiang D, Dong D (2020) Quantifying global potential marginal land resources for switchgrass. Energies, 13(23): 6197

Faraco V (2013) Lignocellulose Conversion: enzymatic and microbial tools for bioethanol production. Springer-Verlag, Berlin

Fike JH, Parrish DJ, Wolf DD, Balasko JA, Green, JT, Rasnake M, Reynolds JH (2006) Switchgrass production for the upper South-Eastern USA: influence of cultivar and cutting frequency on biomass yields. Biomass and Bioenergy 30: 207-213

Geren H, Kavut YT, Demiroğlu Topçu G (2016) Bornova ekolojik koşullarında yetiştirilen farklı dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genotiplerinin biyokütle verimi ve bazı tarımsal özellikleri üzerine bir ön araştırma, 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül 2016, Samsun, s. 285-292

Giannoulis KD, Danalatos NG (2014) Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) nutrients use efficiency and uptake characteristics, and biomass yield for solid biofuel production under Mediterranean conditions. *Biomass and Bioenergy*, 68: 24-31

Giannoulis KD, Karyotis T, Sakellariou-Makrantonaki M, Bastiaans L, Struik PC, Danalatos NG (2016) Switchgrass biomass partitioning and growth characteristics under different management practices. *NJAS - Wageningen Journal of Life Science*, 78: 61-67

Gonzalez-Garcia S, Baucells F, Feijoo G, Moreira M.T (2016) Environmental performance of sorghum, barley and oat silage production for livestock feed using life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 111:28-41

Gökçöl C, Dursun, Alboyacı B, Sunan E (2009) Importance of biomass energy as alternative to other sources in Turkey. *Energy Policy* (37): 424-431

Grigatti M, Barbanti L, Pritoni G, Venturi G (2004) Comparison of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) genotypes as potential energy crop. In *Proceedings of 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection* pp. 10-14

Gross R, Leach, M, Bauen A (2003) Progress in renewable energy. *Environment International* 29: 105-122

Guden B, Yol E, Erdurmuş C, Uzun B (2020) SSR marker analysis of plant height in sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3): 405-410

Gupta RB, Demirbas A (2010) Gasoline, diesel, and ethanol biofuels from grasses and plants. Cambridge University Press

Guretzky JA, Biermacher JT, Cook BJ, Kering MK, Mosali J (2011) Switchgrass for forage and bioenergy: harvest and nitrogen rate effects on biomass yields and nutrient composition. *Plant Soil* 339: 69-81

Heaton E, Voigt T, Long S.P (2004) A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water. *Biomass and Bioenergy* 27: 21-30

Heaton EA, Dohleman FG, Long SP (2008) Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. *Global Change Biology* 14: 2000-2014

Horton D.S (2011) Evaluation of sweet sorghum cultivars as a potential ethanol crop in Mississippi. Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, Mississippi State, 3(2), 567

Hu Y, Zhang L, Hu J, Zhang J, Shen F, Yang G, Zhang Y, Deng S, Oi H, Yan J, Bai S (2017) Assessments of *Erianthus arundinaceus* as a potential energy crop for bioethanol and biomethane production. *BioResources* 12(4), 8786-8802

Hultquist SJ, Vogel KP, Lee DJ, Arumuganathan K, Keppler S (1996) Chloroplast DNA and nuclear DNA content variations among cultivars of switchgrass, *Panicum virgatum* L. *Crop Science* 36: 1049-1052

IEA (International Energy Agency) (2020) <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview#world> (Erişim tarihi: 01.12.2020)

Imam T, Capareda S (2011) Fermentation kinetics and ethanol production from different sweet sorghum varieties. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 4: 33-40

IJE (Institution of Japan Energy) (2006) In: Hua, Z.Z., Shi, Z.P. (Translators). *Biomass Handbook*. Chemistry Industry Press, Beijing 166–167, 172

Iriarte A, Rieradevall J, Gabarrell X (2010) Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production* 18: 336-345

Jeon YJ, Xun Z, Rogers PL (2010) Comparative evaluations of cellulosic raw materials for second generation bioethanol production. *Lett Appl Microbiol* 51: 518-524

Jiang D, Hao M, Fu J, Liu K, Yan X (2019) Potential bioethanol production from sweet sorghum on marginal land in China. *Journal of Cleaner Production* (220), 225-234

Kalita, B. 2012. “Life Cycle Assessment of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) Biomass Production in Ontario”. In partial fulfilment of requirements for the degree of Master of Science in Plant Agriculture, A Thesis presented to The University of Guelph, Canada

Kapluhan E (2014) Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: biyokütle enerjisinin Dünya’daki ve Türkiye’deki kullanım durumu. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (30): 97-25

Karp A, Shield I (2008) Bioenergy from plants and the sustainable yield challenge. *New Phytologist* 179: 15-32

Kavruk HR, Atalay A (2007) Enerji tarımına geçiş sürecinde biyoyakıtlara bakış ve bakanlığımız politikaları. 4. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Kayseri Şubesi, Türkiye s.71-80

Keshwani DR, Cheng JJ (2009) Switchgrass for bioethanol and other value-added applications. A review. *Biosource Technology* 100: 1515-1523

Khalil SRA, Abdelhafez AA, Amer EAM (2015) Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. *Annals of Agricultural Sciences* 60: 317-324

Kır H, Dursun Şahan B (2019) Yield and quality feature of some silage sorghum and sorghum-sudangrass hybrid cultivars in ecological conditions of Kırşehir Province. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(3): 388-395

Knoll JE, Anderson WF, Strickland TC, Hubbard RK, Malik R (2012) Low-input production of biomass from perennial grasses in the coastal plain of Georgia, USA. *Bioenergy Research* 5: 206-214

Kumagai L, Wu S, Iwamoto SH, Lee T, Endo M, Rodriguez JR, Mielenz (2015) Improvement of enzymatic saccharification of *Populus* and switchgrass by combined pretreatment with steam and wetdiskmilling. *Renewable Energy*, 76 pp. 782-789

Kumari NN, Reddy YR, Blümmel M, Nagalakshmi D, Monica T (2013) Effect of feeding sweet sorghum bagasse silage with or without chopping on nutrient utilization in deccani sheep. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 13: 243-249

Kurucu N, Gedikoğlu İ, Eyüpoğlu F (1990) Toprakların verimlilik yönünden kimyasal analiz yöntemleri. In: *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı*. Ed.: A. Tüzüner. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara

Lemus R, Brummer EC, Moore KJ, Molstad NE, Burras CL, Barker M.F (2002) Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in Southern Iowa, USA. *Biomass and Bioenergy* 23: 433-442

Lewandowski I, Kicherer A (1997) Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. *European Journal of Agronomy* 6: 163-177

Lewandowski I, Scurlock JMO, Lindvall E, Christou M (2003a) The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy* 25:335-361

Lewandowski I, Clifton-Brown JC, Andersson B, Basch G, Christian DG, Jørgensen U, Jones MB, Riche AB, Schwarz KU, Tayebi K, Teixeira F (2003b) Environment and harvest time affects the combustion qualities of *miscanthus* genotypes. *Agronomy Journal* 95: 1274-1280

Lindsey K, Johnson A, Kim P, Jackson S, Labbe N (2013) Monitoring switchgrass composition to optimize harvesting periods for bioenergy and value-added products. *Biomass and Bioenergy* 56: 29–37

Liu XJA, Fike JH, Galbraith JM, Fike WB (2014) Switchgrass response to cutting frequency and biosolids amendment: biomass yield, feedstock quality, and theoretical ethanol yield. *Bioenergy Research*, 7: 1191-1200

Madakadze IC, Stewart K, Peterson PR, Coulman BE, Samson R, Smith DL (1998) Light interception, use-efficiency and energy yield of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) grown in a short season area. *Biomass and Bioenergy* 15: 475-482

McKendry P (2002) Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 83(1): 37-46

Mehmood S, Gulfraz M, Tahir MS, Rehman MS, Aqil T, Mahmood T (2014) Statistical screening and selection of sweet sorghum varieties for bioethanol production. *Pakistan Journal of Botany*, 46: 1115–1120

Melikoğlu M, Albostan A (2011) Türkiye’de biyoetanol üretimi ve potansiyeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt 26, No 1*, 151-160

Miles TR, Miles Jr TR, Baxter LL, Bryers RW, Jenkins BM (1996) Boiler deposits from firing biomass fuels. *Biomass Bioenergy* 10: 125-138

Min D, Guragain YN, Prasad V, Vadlani PV, Lee J (2017) Effects of different genotypes of switchgrass as a bioenergy crop on yield components and bioconversion potential. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 7: 27-35

Mitchell R, Vogel Kenneth P, Uden Daniel R (2012) The feasibility of switchgrass for biofuel production. *Biofuels* 3(1): 47–59

Monti A, Bezzi G, Pritoni G, Venturi G (2008) Long-term productivity of lowland and upland switchgrass cytotypes as affected by cutting frequency. *Bioresource Technology* 99: 7425-7432

Monti A, Fazio S, Venturi G (2009) Cradle-to-farm gate life cycle assessment in perennial energy crops. *European Journal of Agronomy* 31: 77-84

Moser LE, Vogel KP (1995) Switchgrass, Big Bluestem, and Indianagrass. In: Barnes RF, Miller DA, Nelson CJ. editors. *Forages, An introduction to grassland agriculture*, 5th ed. Ames, IA: University Press pp. 409-420

Muftau MA, Malami BS, Gwamba UY, Ribah MI, NaAllah Y (2020) Effect of different sowing methods on growth and fodder yield of switch grass (*panicum virgatum* L.) in Jega Semi-Arid Aone of Kebbi State, Nigeria. Journal of Agricultural Science and Technology A 10: 34-38

Muñoz I, Flury K, Jungbluth N, Rigarlsford G, Canals LM, King H (2013) Life cycle assessment of bio-based ethanol produced from different agricultural feedstocks. International Journal Life Cycle Assessment, pp. 1-11

Murray SC, Sharma A, Rooney WL, Klein PE, Mullet JE, Mitchell SE, Kresovich S (2008) Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock I: Quantitative loci for stem sugar and grain nonstructural carbohydrates. Crop Science, 48: 2165-2179

Nasidi M, Agu R, Deeni Y, Walker G (2013) Fermentation of stalk juices from different Nigerian sorghum cultivars to ethanol. Bioethanol pp. 20-27

Nazlı R.İ (2020) Evaluation of different sweet sorghum cultivars for bioethanol yield potential and bagasse combustion characteristics in a semiarid Mediterranean environment. Biomass and Bioenergy (139) 105624

Obernberger I, Brunner T, Bärnthaler G (2006) Chemical properties of solid biofuels, significance and impact. Biomass and Bioenergy 30: 973-982

Özmen S (2017) Bingöl koşullarında farklı sorgum türlerinin ot verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi

Öztürk HH (2012) Enerji bitkileri ve biyoyakıt üretimi. Hasad Yayıncılık s:207

Paulsen J (2001) Life Cycle Assessment for Building Products. The Significance of The Usage Phase. Ph.D. Thesis, Kungliga Tekniska Hogskolan, Stockholm, Sweden 5-44

Petersen PD, Lau J, Ebert B, Yang F, Verhertbruggen Y, Kim JS, Varanasi P, Suttangkakul A, Auer M, Loque D et al. (2012) Engineering of plants with improved properties as biofuels feedstocks by vessel-specific complementation of xylan biosynthesis mutants. Biotechnol Biofuels 5: 84

Pfeiffer TW, Bitzer MJ, Toy JJ, Pedersen JF (2010) Heterosis in sweet sorghum and selection of a new sweet sorghum hybrid for use in syrup production in Appalachia. Crop Science, 50: 1788-1794

Pizer NH (1967) Some advisory aspects, soil potassium and magnesium. Tech. Bull. No:14: 184

Prochnow A, Heiermann M, Plöchl M, Amon T, Hobbs PJ (2009) Bioenergy from permanent grassland—A review: 2. Combustion. *Bioresource Technology* 100: 4945-4954

Qin X, Mohan T, El-Halwagi M, Cornforth G, Mccarl BA (2006) Switchgrass as an alternate feedstock for power generation: an integrated environmental, energy and economic life-cycle assessment. *Clean Techn Environ Policy*, 8: 233-249

Rao SS, Patil JV, Umakanth AV, Mishra JS, Ratnavathi CV, Shyam Prasad G, Dayakar Rao B (2013) Comparative performance of sweet sorghum hybrids and open pollinated varieties for millable stalk yield, biomass, sugar quality traits, grain yield and bioethanol production in tropical Indian condition. *Sugar Technology* 15: 250-257

Ratnavathi C, Chakravarthy SK, Komala V, Chavan U, Patil J (2011) Sweet sorghum as feedstock for biofuel production. A review *Sugar Tech* 13: 399-407

RFA (2012) Renewable Fuel Association, Ethanol Industry Outlook

Richards LA (1954) Diagnosis and improvements saline and alkali soils. U.S. Dept. Agr. Handbook 60

Rob M, Kenneth PV, Daniel RU (2012) The feasibility of switchgrass for biofuel production. *Biofuels*, 3(1): 47-59

Rutto LK, Xu Y, Brandt M, Ren S, Kering MK (2013) Juice, ethanol and grain yield potential of five sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivars. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems* 3(2): 113-118

Saatçı F, Tuncay H, Altınbaş Ü, Akıncı MÇ (1983) Toprak ve su analiz yöntemleri. E.Ü. Zir. Fak. Bornova. Teksir No: 18

Sadaka S, Sharara MA, Ashworth A, Keyser P, Allen F, Wright A (2014) Characterization of biochar from switchgrass carbonization. *Energies*, 7, 548-567

Sanderson MA, Adler PR (2007) Perennial forages as second generation bioenergy crops. *International Journal of Molecular Sciences* 9: 768-788

Sawargaonkar GL, Patil MD, Wani SP, Pavani E, Reddy BVSR, Marimuthu S (2013) Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum. *Field Crop Research* 149: 245-251

Sharma N, Piscioneri I, Pignatelli V (2003) An evaluation of biomass yield stability of switcgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. *Energy Conversion and Management* 44: 2953-2958

Shaikh TA, Soomro AA, Laghari GM, Rajpar I, Majeedano I (2021) Impact of integrated row spacing, fertilizier application methods and sowing dates on bioethanol production in sorghum. *Pakistan Journal of Botany* 53(3)

Shi J, Ebrik MA, Wyman CE (2011) Sugar yields from dilute sulfuric acid and sulfur dioxide pretreatments and subsequent enzymatic hydrolysis of switchgrass. *Bioresource Technology*, 102(19): 8930-8938

Smith G, Bagby M, Lewellan R, Doney D, Moore P, Hills F, Camp-bell L, Hogaboam G, Coe G, Freeman K (1987) Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Sci.* 27: 788–793

Soylu S, Sade B, Ögüt H, Akınerdem F, Babaoğlu M, Ada R, Eryılmaz T, Öztürk Ö, Oğuz H (2010) Türkiye için alternatif bir biyoyakıt ve silaj bitkisi olarak dallı darının (*panicum virgatum* L.) yetiştirilebilme olanaklarının araştırılması. TÜBİTAK, TOVAG-107 O 161 Sonuç Raporu.

Soylu S (2012) Alternatif bir biyoyakıt bitkisi olarak dallı darının (*Panicum Virgatum* L.) Türkiye’de yetiştirme teknikleri. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi* (Journal of Agricultural Machinery Science), 8 (3): 257-263

Sutter J, Jungbluth N (2007) Sweet sorghum, production in China. Life Cycle Inventories of Bioenergy, Ecoinvent Report No: 17, 162-173

Şeflek A (2010) Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşitlerinin verim, bazı morfolojik fenolojik ve fizyolojik özelliklerinin tespiti. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya

Tang C, Yang X, Chen X, Ameen A, Xie G (2018) Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. *Field Crops Research*, 215, 12-22

Tang CC, Han LP, Xie GH (2020) Response of switchgrass grown for forage and bioethanol to nitrogen, phosphorus, and potassium on semiarid marginal land. *Agronomy*, 10, 1147

TASAM (2006) Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi, Enerji üretimi ve çevresel etkileri stratejik rapor no:14

Tosun F, Özbilen C (1991) Samsun ekolojik şartlarında yetiştirilen bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L.) çeşitlerinde değişik dozlarda azotlu gübrelemenin verim ve verim unsurlarına etkileri üzerinde bir araştırma. Türkiye II. Çayır Mera ve Yem Bitkileri Kongresi, 28-31 Mayıs, İzmir, 341-352

Tosunoğlu S (2014) Yozgat şartlarında ana ve ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek sorgum, sudan otu ve sorgum sudan otu melez çeşitlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi

TP (Türkiye Petrolleri) (2019) <https://www.tpao.gov.tr/file/2003/sektor-raporlari-2018-2735e5d18395d1ba.pdf> (Erişim Tarihi: 08.01.2021)

Usofzadeh M, Daneshvar M, Almodares A, Eisvand HR (2013) Effects of nitrogen fertilizer and plant growth regulator on stalk yield and bioethanol in sweet sorghum. Iranian Journal of Plant Physiology 3: 711-716

Ülgen N, Yurtsever N (1974) Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınlar Serisi, 28, Kemal Matbaası, Ankara

Vamvuka D, Topouzi V, Sfakiotakis S (2010) Evaluation of production yield and thermal processing of switchgrass as a bioenergy crop for the Mediterranean Region. Fuel Processing Technology 91: 988-996

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral-detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597

Vargas-Moreno JM, Callejón-Ferre AJ, Pérez-Alonso J, Velázquez-Martí B (2012) A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16: 3065– 3083

Vassilev SV, Baxter D, Andersen LK, Vassileva CG (2010) An overview of the chemical composition of biomass. Fuel, (89): 913-933

Xiong S, Zhang QG, Zhang DY, Olsson R (2008) Influence of harvest time on fuel characteristics of five potential energy crops in Northern China. Bioresource Technology 99: 479-485

Walsh ME, De La Torre Ugarte DG, Shapouri H, Slinsky SP (2003) Bioenergy crop production in the United States: potential quantities, land use changes, and economic impacts on the agricultural sector. Environmental and Resource Economics 24: 313-333

Wang M, Chen Y, Xia X, Li J, Liu J (2014) Energy efficiency and environmental performance of bioethanol production from sweet sorghum stem based on life cycle analysis. Bioresource Technology 163: 74-81

World Bioenergy (2019) https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_HQ.pdf (Erişim tarihi 01.12.2020)

Wright L, Turhollow A (2010) Switchgrass selection as a “model” bioenergy crop: A history of the process. *Biomass and Bioenergy* 34: 851-868

Wrobel C, Coulman BE, Smith DL (2009) The potential use of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) as a biofuel crop. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*, 59: 1-18

Wu X, Staggenborg S, Propheter JL, Rooney WL, Yu J, Wang D (2010) Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. *Industrial Crops and Products*, 31: 164-170

Yıldız D, Kaplan M, Temizgül R, Kardeş YM (2018) Farklı dozlarda uygulanan selenyumun sorgum bitkisinde tane verimi ve yem kalitesi üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences, Kayseri*, 31(2): 149-153

Yin CY (2011) Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses. *Sciencedirect, Fuel*, 90, 1128-1132

Yue Y, Sing H, Singh B, Mani S (2017) Torrefaction of sorghum biomass to improve fuel properties. *Bioresource Technology*, 232, 372-379

Yücel Y, Hatipoğlu R, Dweikat İ, İnal İ, Döndü Gündel F, Yücel H (2018) Farklı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) *Mohlenbr.*) genotiplerinin çukurova ve gap bölgelerinde biyo-etanol üretim potansiyellerinin saptanması. *TÜBİTAK TOVAG*, 114O945, TÜBİTAK, 29-34

Yücel D, Yücel C, Karaağaç HA, Çakır B, Hatipoğlu R (2020) Adana koşullarında tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol potansiyelinin belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 8: 239-246

Zhang X, Fu J, Lin G, Jiang D, Yan X (2017) Switchgrass-based bioethanol productivity and potential environmental impact from marginal lands in China. *Energies*, 10, 260

Zhuang Q, Qin Z, Chen M (2013) Biofuel, land and water: maize, switchgrass or *Miscanthus* ? *Environmental Research Letters* 8, 015020 (6pp)

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Hatay’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Hatay’ın Reyhanlı ilçesinde tamamladı. 2009 yılında yükseköğrenime; Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü’nde başladı ve 2013 yılında mezun oldu. 2017 yılında, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı yüksek lisans pprogramından mezun oldu. 2017 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı doktora programına kayıt yaptırdı ve 2018 yılında Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı doktora programına yatay geçiş yaptı. . 2014 yılında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Hâlâ bu göreve devam etmektedir.