



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ BİTKİLERİ TARIMINDA BAZI ÇOK YILLIK BUĞDAYGİLLERİN PERFORMANSLARI

Doktora Tezi

Tuğçe ÖZDOĞAN ÇAVDAR

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

İzmir
2023

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ BİTKİLERİ
TARIMINDA BAZI ÇOK YILLIK
BUĞDAYGİLLERİN PERFORMANSLARI**

Tuğçe ÖZDOĞAN ÇAVDAR

Danışman : Prof. Dr. Hakan GEREN

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
Tarla Bitkileri Doktora Programı

İzmir
2023

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “**Sürdürülebilir Enerji Bitkileri Tarımında Bazı Çok Yıllık Buğdaygillerin Performansları**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

12 / 01 / 2023

Tuğçe ÖZDOĞAN ÇAVDAR

ÖZET**SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ BİTKİLERİ TARIMINDA BAZI ÇOK YILLIK BUĞDAYGİLLERİN PERFORMANSLARI**

ÖZDOĞAN ÇAVDAR, Tuğçe

Doktora Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hakan GEREN

Ocak 2023, 70 sayfa

Bu çalışmanın amacı; sürdürülebilir enerji bitkileri tarımında Bornova ekolojik şartlarına uygun bitkinin ve hasat zamanının belirlenmesidir. Ege Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait deneme alanında üç farklı çok yıllık buğdaygili (*Pennisetum hybridum*, *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum*) iki farklı hasat zamanını (Sonbahar ve Kış) kapsayan bu deneme, Kasım 2019-Şubat 2021 zaman aralığında yürütülmüştür. Çalışmada, Biyokütle Verimi (BV), Ham Kül Oranı (HK), Azot (N), Karbon (C), Hidrojen (H) oranları ve Isıl (Kalorifik) Değer gibi bazı parametreler incelenmiştir. Sonuçlar, bitki cinsi ve hasat zamanlarının incelenen özellikler üzerine önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Test edilen tüm bitki cinslerinin sürdürülebilirlik açısından yöre koşullarına başarıyla uyum sağladığı saptanmıştır. Sonbahar hasatları (ortalama 4.0 t·ha⁻¹) kış hasatlarından (ortalama 2.7 t·ha⁻¹) daha yüksek BV sağlamıştır. En düşük HK içeriği (%1.80) ve en yüksek ısı değer (17.94 Mj/Kg) kışın biçilen *M.giganteus*'ta belirlenmiştir. Birim alan enerji verimliliği açısından *P.hybridum* bitkisi tercih edilebilir.

Anahtar kelimeler: Enerji bitkileri, Hasat zamanı, Biyokütle verimi, Ham kül oranı ve Isıl değer.

ABSTRACT**PERFORMANCES OF SOME PERENNIAL GRASSES IN
SUSTAINABLE ENERGY CROPS CULTIVATION**

ÖZDOĞAN ÇAVDAR, Tuğçe

Ph.D. in Field Crops

Supervisor: Prof. Dr. Hakan GEREN

January 2023, 70 pages

The aim of this study; was to determine the plant and harvest time suitable for the ecological conditions of Bornova in the agriculture of sustainable energy crops. This experiment, including three different perennial grasses (*Pennisetum hybridum*, *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum*) two harvest times (Autumn and Winter) in the experimental area of Ege University, Department of Field Crops, was carried out between November 2019 and February 2021. In this study, some parameters such as Biomass Yield (BY), Crude Ash Content (CA), Nitrogen (N), Carbon (C), Hydrogen (H) rate and Heating (Calorific) value were examined. The results showed that the plant genus and harvest time had significant effects on the studied parameters. It has been determined that all plant species tested successfully adapt to local conditions in terms of sustainability. Autumn harvests (4.0 t·ha⁻¹) provided higher BY than winter harvests (average 2.7 t·ha⁻¹). The lowest CA content (average 1.80%) and the highest calorific value (17.94 Mj/Kg) were determined in *M.giganteus* harvested in winter. *P.hybridum* plant can be preferred in terms of energy efficiency per unit area.

Keywords: Energy crops, Harvest time, Biomass yield, Crude ash content and Heating value.

ÖNSÖZ

Global dünyada etkileri her canlı tarafından hissedilen iklim krizinin en önemli nedenlerinden birinin, enerji kaynağı olarak fosil (mineral) yakıtların ortaya çıkardığı sonuçlardan kaynaklandığı günümüzde yadsınamaz bir gerçektir. Bu bağlamda yarattığı olumsuz sonuçlar ile birlikte bu enerji kaynaklarının miktar bakımından azaldığının öngörülmesi ve çoğu ülkenin yenilenebilir enerji kaynaklarına dair hedeflediği projeksiyonları arasında biyoenerjinin üretilmesi ve depolanması başlıca yerini almaktadır. Biyoenerjinin en temel kaynağını oluşturan biyokütlenin elde edilmesinde optimum bitki türleri çok yıllık buğdaygiller grubundadır. Üretilbilirlik analizleri incelendiğinde bu bitki grubu pek çok üretim girdisini azaltarak sürdürülebilir biyokütle enerjisi üretiminde temel yapıtaşı olarak yer almaktadır.

Gerçekleştirdiğim bu doktora tez çalışmasında, üç farklı bitki genotipine ve iki farklı hasat zamanına yer vererek maksimum verimde ve kalitede sürdürülebilir biyokütle elde etmenin bulunduğumuz ekolojik şartlarda mümkün olmasını hedefledim. Tezimin ilk oluşum aşamasından tez denemesinin son hasatına kadar pandemi şartları altında bir aksaklık yaşamamak ve en yararlı sonucu elde edebilmek için tüm bakım işlemlerini özveri ile tamamladım. Tüm tez verilerini dikkatli bir şekilde istatistik analiz için hazırlayıp çıkan sonuçları en anlaşılabilir şekilde yorumlamaya çalıştım. Doktora tezime ait tüm sonuçların sürdürülebilir enerji tarımı adına çalışmak isteyen ve kendini içtenlikle yenilenebilir dinamik bir sisteme adanmış olan üreticilerimizin, akademisyenlerimizin ve özel tarımsal sektör çalışanlarının, bu alanda gerçekleştirmeyi planladıkları çalışmalara bir katkı sağlamasını en içten dileklerle umarım.

İZMİR

12 / 01 / 2023

Tuğçe ÖZDOĞAN ÇAVDAR

İÇİNDEKİLERSayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	6
3. GEREÇ VE YÖNTEM	15
3.1 Araştırma Yeri	15
3.2 İklim Özellikleri	15
3.3 Toprak Özellikleri	15
3.4 Bitkisel Materyal	16
3.5 Yöntem	16
3.6 Araştırmada İncelenen Özellikler	18
3.7 Verilerin Değerlendirilmesi	19

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	24
4.1 Sap (Kardeş) Sayısı.....	24
4.2 Bitki Boyu.....	27
4.3 Sap Çapı.....	31
4.4 Biyokütle Verimi.....	34
4.5 Kül Oranı.....	38
4.6 Azot Oran.....	41
4.7 Karbon ve Hidrojen Oranı.....	44
4.8 Isıl (Kalorifik) Değer.....	48
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	54
TEŞEKKÜR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Denemeden genel bir görünüm.....	19
3.2 Denemenin üstten genel bir görünümü	20
3.3 Yabancı ot temizliğinden sonra denemenin genel bir görünümü	20
3.4 <i>P.hybridum</i> bitkisinin Sonbahar ve Kış hasatlarındaki bitki boyu ölçümü	21
3.5 <i>M. giganteus</i> bitkisinin Sonbahar ve Kış hasatlarındaki bitki boyu ölçümü	21
3.6 <i>P.virgatum</i> bitkisinin Sonbahar ve Kış hasatlarındaki bitki boyu ölçümü	21
3.7 Hasat işleminden görünümeler	22
3.8 Hasat sonrası tartım işleminden bir görünüm	23
3.9 Tüm bitkilerin kurutma işlemi öncesi hazırlanması	23
4.1 Yaz mevsimi sonundan Kış mevsimine doğru enerji bitkileri bünyesinde mineral besin akışları.....	30

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Deneme yerinin bazı iklimsel verileri	15
3.2. Araştırma yerinin toprak analiz sonuçları	16
4.1 Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının sap (kardeş) sayısına etkisi (adet/m ²)	24
4.2 Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının bitki boylarına etkisi (cm).....	27
4.3 Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının sap çapına etkisi (mm)	31
4.4 Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının BV'ne etkisi (kg/da).....	34
4.5 Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının ham kül oranına etkisi (%)	38
4.6 Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının N oranına etkisi (%)	41
4.7a Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının C oranına etkisi (%)	44
4.7b Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının H oranına etkisi (%)	45
4.8 Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının ısı değere etkisi (Mj/Kg).....	48

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ile birlikte artan enerji ihtiyacı fosil yakıt kaynaklarının (petrol, doğal gaz, kömür, vb.) hem üretim hem de tüketim sürecindeki etkileri insan sağlığı ve tüm canlıların çevre yapısını olumsuz olarak etkilemektedir (Kaya vd., 2019). Fosil yakıtların olumsuz etkileri olarak elde edilme aşamasındaki ciddi can ve mal kayıpları (grizu patlaması, vb.), tüketimi sırasındaki sera gazı salınımları ve atmosferdeki karbondioksit (CO_2) birikimi gibi küresel ısınmaya neden olan geniş olumsuz sonuçlar dizini sayılabilir (Güyağüler, 2002). Bir taraftan insanların enerji kullanım konusundaki yeterli olmayan bilinç seviyesi diğer yandan sera gazı salınım etkisi, buzulların erimesine, su kaynaklarının azalmasına, deniz seviyesinin yükselmesine neden olmuş, bu durumda su kaynakları kullanılarak elde edilen enerjinin yerine alternatif enerji kaynaklarına yönelimi ciddi anlamda arttırmıştır (Yüksel vd., 2011).

21. Yüzyılda küresel ısınma artışının 1.5-2 °C'lik bir oranda tutulabilmesi için başta sera gazı emisyonları olmak üzere tüm bu olumsuz etkilerin azaltılmasında ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının ciddi anlamda önem taşıdığı vurgulanmıştır (IPCC, 2021). Tüm bu olumsuz etkileri ile yeryüzündeki fosil yakıt rezervlerinin azalması ve küresel dünyada gün geçtikçe gıda güvenliği riskinin artmasıyla tüm gelişmiş ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarından sürdürülebilir biyoenerji üretimi üzerine senaryolar geliştirmiş ve uygulamaya başlamışlardır.

Bitkisel kaynaklardan elde edilen enerji olarak tanımlanan biyoenerjinin ısıtma, ulaşım ve elektrik üretimi için doğrudan fosil yakıt kullanımının yerini alabilme özelliğine sahip olması ve depolanabilmesinin yanında, biyokütle bazlı hammaddelerin de sürdürülebilir bir biyoekonomiye geçişte genişletilmiş bir rol oynayabileceği önem arz etmektedir. Plastik, vb. gibi malzemeler için fosil bazlı hammaddelerin kullanımını azaltarak ve ayrıca beton, çelik, vb. gibi enerjisi yoğun olan malzemeleri ahşap ve tarımsal bazlı malzemelerle değiştirerek sera gazı emisyonlarını azaltmak mümkündür (REN21, 2021). Biyoenerji üretiminin temelinde doğrudan katı yakıt elde etmek amacıyla organik maddelerden elde edilen biyokütle (biyomas) ve bu biyokütle veya yağlı tohumlardan farklı

dönüştürme teknolojileri vasıtasıyla elde edilen biyoyakıtlar (biyoetanol, biyodizel, biyogaz, vb.) bulunmaktadır (Özdoğan ve Geren, 2019).

Dünya’da farklı kaynaklardan elde edilebilen biyokütlenin talebi, tarımsal açıdan belli bir enerji bitkileri üretim faaliyet alanı oluşturmuş ve enerji tarımını meydana getirmiştir (Karp and Halford, 2011). Enerji tarımında en verimli şekilde biyokütle elde edebilmek amacıyla seçimi yapılacak bitki türünün ya da cinsinin ilk olarak suyu etkin kullanması, üretilebilirlik açısından minimum girdi maliyeti taşıması, yapısal anlamda enerji yoğunluğunun maksimum olması (Kcal/kg), bitkisel materyale dönüşüm aşamasında güneş ışığını en verimli şekilde kullanabilmesi, üretim ve tüketiminde çevreye olan olumsuz etkisinin minimum düzeyde olması, ışık hasadını gelişme sezonunda en uzun süreli şekilde yapabilmesi, bitkinin enerji dengesinin sürdürülebilir olması ve hasat zamanı gelmiş bitkilerden maksimum kuru madde elde edebilme gibi özellikleri taşıması beklenmektedir (El Bassam, 1998).

Enerji tarımında biyokütle üretebilmek amacıyla tercih edilen çok yıllık bitkiler tarımsal üretim girdilerinin asgari seviyede ve hasat zamanı biyokütle verimlerinin yüksek olması nedeniyle diğer tek yıllık bitkilere göre üretimde istenilen kolaylıkları sağlamaktadırlar. Çok yıllık bitkilerin biyokütle yapılarının katı yakıt anlamında kullanılması sırasında yanma sonucu açığa çıkan karbondioksit salınım miktarının, bu bitkilerin yaşam döngülerinde gerçekleştirdikleri fotosentez fiksasyonundaki absorbe edilen CO₂ miktarından daha az bir düzeyde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çok yıllık bitkilerden elde edilen biyokütleden enerji üretimine giden süreç entegrasyonunun sonrasında, biyokütlenin yanması sonucu açığa çıkan külün önemli makro besin içeriğine ve yararlı toprak kireçleme kapasitesine sahip olup bunların doğrudan gübre ya da mineral gübre üretimi için bir kaynak olarak kullanılabilmesi sürdürülebilir bir enerji üretimine katkı sağlamaktadır (Silva et al., 2019; Przygocka-Cyna et al., 2021).

Enerji bitkileri tarımında üretimin en başından son ürün elde edilene kadar kadar minimum tarımsal maliyet ile optimum biyomas verimi ve ayrıca enerjinin tüm bu sistemde etkin kullanımını sağlayabilmek amaçlanmaktadır. Nitekim

buradaki en önemli noktalardan biri de biyokütle verimi ile biyokütle kalitesi (kül oranı, mineral madde içeriği, nem, vb.) arasındaki dengeyi sağlayan hasat zamanının belirlenmesidir. Bu zamana kadar enerji bitkisi olarak seçilen bitki türlerinin farklı iklimsel ve bölgesel şartlar altında kalite-verim noktası anlamında sürdürülebilirliklerini sağlamak amacıyla kış ya da sonbahar dönemi olmak üzere iki temel hasat zamanı ön plana çıkmıştır. Zira yanlış zamanda hasat edilen bir biyokütlenin yanma işlemi sırasında hem ısı değeri azalmakta hem de yüksek oranda mineral madde (kül) nedeniyle sera gazı salınımına yol açmaktadır. Ayrıca yanma sonrasında yakıt tankında kalan fazla miktardaki kül (kömürün yanma sonrasında yüksek oranda bıraktığı külün zararı gibi) mucur ve tortu oluşturarak korozyona (aşınma) neden olabilmektedir (Lewandowski et al., 2003a; Shinnars et al., 2010; Smith and Slater, 2011).

Enerji tarımı amaçlı yapılan çalışmalarda yukarıdaki özelliklere sahip olan üç farklı çok yıllık buğdaygil bitki türü dikkati çekmektedir. Dev kralotu, miskantus ve dallı darı olarak adlandırılan bu bitkiler dallı darı hariç tropik kökenli olup hepsi C_4 grubu bitkilerinin birer üyesidir. Bu bitkilerin yapısında bulunan selüloz ve hemiselülozun bazı tepkimeler ile şeker formuna dönüştürülmesi ve bu şekerin mayalar vasıtasıyla fermantasyonu ve son olarak distilasyonu ile birlikte biyoetanol elde edilebilir ya da elde edilen kuru biyokütle pelet biçiminde şekillendirilerek solid (katı) yakıt olarak değerlendirilebilmektedir. Bu üç bitkinin tipik Akdeniz iklimi kuşağında enerji bitkisi olarak tercih edilmesinin temel nedeni kış sezonunda hava sıcaklıklarının düşmesi ile yavaşça kuruyarak, sap ve yaprak kısımlarında bulunan fotosentez ürünlerini kök ve kökboğazı kısımlarına geçirip biyokütlelerinin yapısındaki kül oranını azaltmalarıdır (Geren, 2017).

Çalışmamızda yer verdiğimiz üç farklı genotipden biri olan dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) kolşisin kullanılarak kromozom dublikasyonu ile restore edilmiş steril triploid ($2n=3x=21$) bir tür olup, Napier otu (*Pennisetum purpureum*) ($2n=4x=28$) ve inci darısı (*Pennisetum glaucum*) ($2n=2x=14$) bitkilerinin melezidir (Hanna et al., 1984; Kamwean et al., 2017). Köken aldığı yörelerde özünde bir yem bitkisi olarak kullanılan dev kralotu bitkisinden son 20-25 yıldan beri enerji bitkisi olarak da yararlanılmaktadır. Hızlı bir büyüme

gösteren Afrika orijinli bu bitkinin boyunun bazı tropikal iklimlerde 7 m'ye varabildiği ve toplamda hektara 350 ton yaş biyokütle verimi üretebildiği belirtilmiştir (Kukkonen, 2009). Biyokütle eldesi amacıyla Bornova ekolojik koşullarında, dikimden 6 ay sonra, %70 nem içeriğine sahip 4 metre boyunda topraküstü aksamının hasat edildiği ifade edilmektedir (Geren and Kavut, 2015). Dev kralotu'nun 1 kg kuru ağırlığından elde edilecek enerji miktarının ortalama 18.4 MJ olduğu bildirilmiştir (Posadas et al., 2020).

Çalışmamızda yer alan bir diğer enerji bitkisi Japonya orijinli olup genellikle fil otu olarak isimlendirilen ve *M. sacchariflorus* ($2n=4x=76$) ve *M. sinensis* ($2n=2x=38$) bitkilerinin melezlenmesi sonucu ortaya çıkan *Miscanthus x giganteus* ($2n=3x=57$) steril triploid bir genotiptir (Lafferty and Lelley, 1994). *Miscanthus* cinsine ait farklı üyelerin yüksek fizyolojik adaptasyon yeteneği sayesinde kutup bölgeleri dışında yer alan hemen hemen tüm bölgelerde yetiştirilebilme yeteneğine ve düşük bakım ihtiyacı ile yüksek verim kombinasyonuna sahip olduğu vurgulanmıştır (Lewandowski et al., 2000). Yaklaşık boyu 400 cm'ye kadar ulaşabilen ve tesis yılını geçirdikten sonra yaklaşık 30 kadar kardeş üretebilen Miskantus'un kullanım alanları arasında hayvan yemi ve altlığı, peyzaj, keçe ve kağıt, mobilya, yapı alanlarında ham madde olarak yerini almaktadır (Faix et al., 1988). Üretim teknikleri arasında yumru yapısına benzeyen büyük rizom kısmı ile kardeşleri, topraküstü kalın sap aksamlarının kullanılabilmesi sürdürülebilir bir ham madde üretimi için Miskantus'un önemini arttırmaktadır (El Bassam, 1998). *M. x giganteus*'un ortalama biyokütle verimleri Avrupa'da 2 t/da ve Amerika'da 3.5 t/da olup ülkemiz koşullarında hasıl (taze ot) veriminin 12 t/da ve ayrıca kuru madde veriminin ise yaklaşık 2 t/da olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Clifton-Brown et al., 2004; Heaton et al., 2008; Geren vd., 2011). Miskantus'un 1 kg kuru ağırlığından elde edilecek enerji miktarının 19.6 MJ olduğu belirtilmiştir (Daraban et al., 2015).

Çalışmamızda yer alan son bitki dallı darı isimli Kuzey Amerika orijinli *Panicum virgatum* otsu bitkisi olup, Güney Amerika'nın bozkır otlaklarından Güney Kanada'ya kadar geniş bir yelpazede varlığını göstermektedir. Dallı darı morfoloji, habitat ve ploidi seviyeleri bakımından farklılık gösteren yayla

($2n=8x=72$) ve ova ($2n=4x=36$) olmak üzere iki ana ekotipe sahip olup bunlardan ova tipi çeşitlerinin biyomas yakıt bitkileri açısından daha yüksek bir potansiyeli olduğu belirlenmiştir (Lu et al., 1998; Williams and Auer, 2014). Hayvan yemi, erozyon kontrolü ve süs bahçelerinde kullanılabilen dik saplı ve yumak formuna sahip bu bitki iyi bakım koşullarında bol miktarda kardeş üretebilmekte ve boyu ortalama 250-300 cm'ye kadar ulaşabilmektedir (Moser and Vogel, 1995; Bouton, 2007; Heaton et al. 2008). Rizomları vasıtasıyla yavaş bir gelişme periyoduna sahip olan dallı darının hasadından elde edilen yeni tohumlar yüksek seviyede (~%95) dormansi (uyku hali) özelliği barındırmakta ancak zamanla bu özelliğini kaybedip tohum kaynaklı üretim kolaylıkla yapılabilir (El Bassam, 1998). Ülkemizde tesis yılını atlatmış olan dallı darı bitkilerinden ortalama 1-1.5 t/da kuru ot verimi sağlandığı belirtilmiş olup, bu rakamların Amerika'da ova ve yayla tiplerinin ortalaması 4 t/da ve Avrupa'da ise 0.5-2.4 t/da civarında olduğu bildirilmiştir (Lemus et al., 2002; Lewandowski et al., 2003b; Geren, 2017). Biyoenerji kaynağı olarak dallı darı'nın 1 kg kuru ağırlığından elde edilecek enerji miktarının 18.6 MJ olduğu bildirilmiştir (Brown, 2003).

Tüm bu bilgilerin ışığı altında, çalışmanın temel amaçları; Bornova şartlarında sürdürülebilir enerji bitkileri tarımında ümit vadeden üç farklı çok yıllık buğdaygilden (*Pennisetum hybridum*, *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum*) hangisinin seçilebileceği ve ne zaman hasat (Sonbahar ve Kış) edilebileceğini belirlemektir.

2. GENEL BİLGİLER

Farklı hasat zamanlarının bazı çok yıllık buğdaygillerin biyokütle verimi ve kalitesine etkisine ilişkin incelenen bazı çalışmalardan elde edilen kısa özetler, tarih sırasına göre (güncelden eskiye) aşağıda sunulmuştur.

Wroclaw/Polonya ekolojik koşullarında iki yıllık tesis yılını tamamlamış olan *M x giganteus* bitkilerini üç yıl boyunca Kasım ayında hasat edip verim ve kalite özelliklerini saptamaya yönelik çalışmalar yürüten Mos et al. (2021) bitki boyunu 230 cm, bitki başına düşen sap sayısını 13.8 adet, kuru madde verimini 1.7 t/da ve rizomdaki azot oranını %1.8 olarak bulduklarını ifade etmişlerdir.

Parrish et al. (2021) tarafından Urbana/ABD ekolojisinde yetişen dört yaşındaki *M x giganteus* bitkileri tesis yılından sonraki üç yıl boyunca beş farklı zamanda (Ağustos, Eylül, Kasım, Aralık, Mart) hasat edilmiş ve değişen hasat tarihlerinin biyokütle verimine ve kimyasal kompozisyonuna etkisi incelenmiştir. Araştırmada Eylül ayında hasat edilen biyokütlenin verimi 2.6 t/da, nem oranı %51.79, N oranı %0.51, C oranı %44.0, kül oranı %5.7 olurken Mart ayında ise biyokütle verimi 2.1 t/da, nem oranı %9.84, N oranı %0.21, C oranı %45.4 ve kül oranı %2.8 olarak araştırmacılar tarafından saptanmıştır.

Çek Cumhuriyetinin iki farklı bölgesinde (Průhonice-Michovky ve Lukavec) *M. x giganteus* ve *M. sinensis* genotipleri ile 13 yıl boyunca iki farklı hasat zamanı (Sonbahar ve ilkbahar) uygulanan bir tarla denemesinin sonucunda ilkbahar hasadı yapılan bitkilerin kuru biyomas veriminin sonbahar hasadına göre %18-31 aralığında düştüğü araştırmacılar tarafından tespit edilmiş olup biyokütle enerji kaynağı olarak kullanılacak Miskantus bitkilerinin verim kayıplarına rağmen yanma sırasındaki kalite kriterlerini sağlaması açısından ilkbahar hasadının daha uygun olabileceği savunulmuştur (Weger et al., 2021).

Bornova/İzmir iklimsel koşullarında *Pennisetum hybridum* bitki materyali kullanılarak yürütülen iki yıllık bir araştırmada deneme alanında altıncı yetiştirme yılını tamamlamış bitkiler standart olarak 30 Ekim tarihinde hasat edilmiş olup ortalama bitki boyunun 427 cm, sap sayısının 159 adet/m² ve kuru madde

veriminin ise 5.1 t/da olduğu araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Geren et al., 2020).

Posadas et al. (2020) tarafından dört farklı *Pennisetum purpureum* çeşidi ile Filipinler’de yapılan bir araştırmada olgun bitkilerden elde edilen biyokütlenin ortalama kül oranı %16.7, C oranı %44.4 ve N oranı %1.54 bulunmuştur.

Bornova yöresi tarla üretim koşullarında beşinci yılını tamamlayan dallı darı bitkisi (Cloud nine) 30 Ekim tarihinde hasat edilmiştir (Kesen ve Geren, 2020). Bitki boyu 230 cm, metrekaresindeki sap sayısı 444 adet, sap çapı 2.3 mm, kuru madde verimi 3t/da olarak saptandığını belirten araştırmacılar, ham kül oranının da %9.9 olduğunu ifade etmişlerdir.

Özdoğan ve Geren (2019) enerji bitkisi olarak baz aldıkları *Miscanthus x giganteus* genotipininin hasat tarihini 21 Aralık olarak seçtikleri bir araştırmada, ortalama bitki boyu 128 cm, kardeş sayısı 13 adet/saksı, sap çapı 5.3 mm, kuru biyomas verimi 126 g/saksı ve ham kül oranı %2.6 olarak saptanmış ve bu genotipin bulundukları bölge koşullarında enerji bitkisi olarak kuvvetli bir adaptasyona sahip olduğu ayrıca bildirilmiştir.

Endonezya’nın Batı Java bölgesinde *Pennisetum purpureum* (Taiwan cv.) bitkileri bölgenin ekolojik yağış takvimine göre belirlenen yağmurlu sezonun sonu (Mart) ve kurak sezonun sonu (Eylül) olmak üzere iki farklı zamanda Sajimin and Purwantari (2019) tarafından hasat edilmiş, kurak sezonun sonunda yapılan hasatda yağmurlu sezonun sonunda yapılan hasada göre bitki boyu (212 cm’den 72 cm’ye) ve kuru ot verimi (498 g/öbek’den 287 g/öbek’e) bakımından istatistiki olarak önemli düzeyde bir azalma tespit edildiği sonucuna varılırken bitkinin kardeş sayısının iki farklı hasat zamanından etkilenmediği ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar ayrıca kendi yöre koşullarında Mart ayında hasat edilen bitkilerin Eylül ayında yapılan hasada göre daha yüksek bir ısıl değere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Zanetti et al. (2019) tarafından dallı darı ve miskantus bitkilerinin biyoyakıt olarak kullanılabilme yetenekleri üzerinde optimum hasat zamanını (Sonbahar ve

kış) belirleyebilmek amacıyla Akdeniz ikliminin hakim olduğu kuzey (Bolonya) ve güney (Katanya) İtalya’da dört yıllık bir tarla denemesi yürütülmüştür. Araştırmacılar Bolonya bölgesinde dallı darı bitkisinin biyomas verimi ve kalitesinin (özellikle ısıl değer üzerine) kış hasadı yapılarak önemli derecede yükseldiğini, miskantus bitkisi için standart olarak uygulanan kış hasadı ile birlikte biyomas kompozisyonunun Katanya bölgesinde Bolonya bölgesine göre daha stabil olduğu ancak bitkinin verim ve komponentlerinin, eşit yağış dağılımının vejetatif bitki gelişimini etkilemesinden dolayı Bolonya bölgesinde önemli derecede daha fazla olduğu vurgulanmıştır.

Tansı vd. (2018) tarafından Adana ve Çankırı olmak üzere iki farklı iklim koşulunda sonbahar ve kış/erken ilkbahar hasatlarının *M. giganteus* ve *P.virgatum* bitkilerinin verim ve kalite kriterlerine olan etkileri üç yıl boyunca incelenmiştir. Kuru madde verimine ait verilerin istatistiki derecede önemli olup olmadığı yıl bazlı değişiklik göstermiş olup her iki bölge ve her iki bitki içinde hasat zamanının kış/erken ilkbahar dönemine ertelenmesinin verim kayıplarına yol açtığı belirtilmiştir. İki lokasyon için iki bitki türünde de hasadın kış/erken ilkbahar dönemine ertelenmesi kül oranlarını düşürdüğü saptanmıştır. Ayrıca ertelenen hasat tarihi genel olarak ortalama azot oranlarını düşürmüş olup Adana bölgesi miskantusda %5.4’den %3.9’a, dallı darıda %5.3’den %4.1’e, Çankırı bölgesi miskantusda %10.1’den %7.6’ya, dallı darıda ise %7.5’den %6.3’e varan bir azalma kaydedildiği ifade edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca bu verim kayıplarının Adana lokasyonu için dallı darı bitkisi bakımından araştırmanın tüm yıllarında ve miskantus bitkisi bakımından ise araştırmanın birinci ve üçüncü yıllarında önemsiz düzeyde olduğunu, Çankırı lokasyonu için bu verim kayıplarının ise iki genotip içinde araştırmanın ikinci ve üçüncü yıllarında istatistiki olarak önemli bir düzeye sahip olduğunu saptamışlardır.

Miskantus genotiplerinin üç farklı ekotipte (Stuttgart, Adana ve Moskova) farklı hasat zamanlarındaki performansları incelenmiş ve her bölgede ertelenen hasat tarihlerinin biyokütle kalitesi ve bitkinin uzun vadeli sürdürülebilirliğini olumlu yönde etkilediği ancak biyokütle veriminde kayıplara neden olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek biyokütle verimlerinden, Stuttgart için 2 t/da’dan (Eylül hasadı) %40 (Ocak hasadı), Adana için 1.9 t/da’dan (Ağustos hasadı) %49

(Ocak hasadı) ve Moskova için 0.9 t/da'dan (Eylül hasadı) %21 (Mart hasadı) oranlarında verim kayıpları olduğu saptanmıştır. Başka bir açıdan kül ve azot oranları, Stuttgart (kül oranı; %5.15'den %2.60'a ve azot oranı; %0.64'den %0.21'e) ve Adana (kül oranı; %10.63'den %3.84'e ve azot oranı; %0.62'den %0.23'e) için hasat zamanının gecikmesi ile düşerken, Moskova'daki kül ve azot oranlarına hasat zamanının bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Iqbal et al., 2017).

Akdeniz iklim koşullarının hakim olduğu Çukurova üretim alanlarında iki farklı hasat zamanının (Sonbahar ve Kış) miskantus ve dallı darı türlerinin performanslarına olan etkileri Nazlı (2017) tarafından araştırılmış ve değişik sonuçlar kaydedilmiştir. Bahsedilen bu çalışmanın morfolojik karakterlerinden bitki boyu ve sap çapı özellikleri açısından her iki türünde hasat zamanından etkilenmediği belirtilmiştir. Miskantus ve dallı darı bitkilerinin kış mevsiminde yapılan hasatlarında kaydedilen KM verimi ve kül ile N oranları, sonbahar mevsimine kıyasla azalmıştır. Bu azalma miktarları şu şekildedir; miskantus için kuru madde verimi, 1.9 t/da'dan 1.5 t/da'a, kül oranı, %4.4'den %2.7'ye, azot oranı, %0.4'den %0.2'ye, dallı darı için kuru madde verimi 1.7 t/da'dan 1.4 t/da'a, kül oranı %4.6'dan %3.4'e, azot oranı %0.6'dan %0.3'e düştüğü ifade edilmiştir.

Panicum virgatum genotipinin yayla tipi grubuna ait Cloud nine çeşidini içeren bir araştırmada biyokütle hasadı tarihi olarak Kış hasadını simgeleyen Şubat ayı seçilmiş ve üç yıllık verilerin ortalama sonuçları bitki boyu 176 cm, sap sayısı 842 bitki/m², kuru biyokütle verimi 1247 g/m² ve ham kül oranı %7.06 olarak Bornova/İzmir iklimsel koşulları altında saptanmıştır (Geren vd., 2016).

Nebraska iklim koşulları altında dallı darının topraküstü ve toprakaltı biyokütlesi Ağustos ve geç donlardan sonra olmak üzere iki farklı zamanda hasat edilmiş ve biyokütle verimi, C ve N oranlarını belirlemek amacıyla Stewart et al. (2016) tarafından bir araştırma yürütülmüştür. Topraküstü aksamının biyokütle verimi hasat zamanından önemli derecede etkilenmezken ortalaması 0.7 t/da olarak bulunmuş ve geç donlardan sonra yapılan hasadın biyokütle C oranı Ağustos hasadına göre %14 oranında artarken, N oranı %33 oranında düşmüştür. Diğer bir araştırma parametresi olan toprakaltı aksamının biyokütle verimi, C ve N oranı hasat zamanından istatistiki olarak önemli düzeyde etkilenmemiş olup

biyokütlenin ortalama verimi 2.2 t/da, C oranı %30.2 ve N oranı %0.43 olarak bulunmuştur.

Geren and Kavut (2015) tarafından Akdeniz ikliminin hakim olduğu Bornova’da bulunan bir tarla denemesinde dev kralotu bitkileri dört yıl boyunca Ekim ya da Kasım aylarında hasat edilmiş ve ortalama bitki boyu 354 cm, metrekaresindeki ortalama sap sayısı 221 adet ve ortalama kuru madde verimi 3.1 t/da olarak saptanmıştır.

Kosta Rika’nın tropikal iklim koşullarında *P. purpureum* topraküstü ve *P. hybridum* toprakaltı kısımları tesisinin altı ayını tamamladıktan sonra Nisan ayının son haftası hasat edilmiş olup *P. purpureum* için bitki boyunun 312 cm, dekadaki bitki sayısının 1074 adet, kuru biyokütle veriminin 2.25 t/da, kül oranını %8.4 olduğunu araştırmacılar sonuç olarak paylaşmışlardır (Salazar-Zeledón et al., 2015).

Hayes (2013), İrlanda’da bulunan altı farklı *M. x giganteus* plantasyonunda Ekim ve Nisan aylarını hasat tarihi olarak seçmiş olup bitkilerin biyoenerji döngüsündeki tepkilerini iki farklı hasat zamanı penceresinden incelemiştir. Araştırmacı kış sezonu geçirip geç hasat (Nisan) edilen bitkilerin biyokütle veriminin erken hasat (Ekim) edilen bitkilere göre dekarda %38.4 daha az olduğunu ve ayrıca hasadın Nisan ayına ertelenmesi ile kül oranının %3.78’den %2.62’ye, N oranının %0.53’den % 0.36’ya düştüğünü sonuç olarak saptamıştır.

İki yıllık tesis sürecini geçirmiş olan dallı darı bitkilerinde hasat tarihlerinin biyokütle verimi ve ayrıca biyokütlerdeki azot ve kül oranlarına etkisi üzerine (Iowa/ABD) yapılan bir araştırmada, 21 Haziran, 20 Temmuz, 30 Ağustos, 8 Kasım (Öldürücü donlar) 2010 ve 4 Nisan 2011 (Kış boyunca deneme alanında bulunan bitkilerden) olmak üzere 5 farklı hasat zamanı uygulanmıştır (Wilson et al., 2013). Araştırmacılar en yüksek kuru biyokütle verimini 0.86 t/da ile Ağustos hasadından elde ederken bu miktar Kasım hasadına gelindiğinde %24 oranında önemli bir derecede düşüş yaşamış olup biyokütleden alınan verim 0.67 t/da olarak ve ayrıca hasat tarihinin Nisan ayına ertelenmesi ile Kasım ayı hasadına göre hasat edilebilir biyokütlenin %38’i azalmış olup biyokütle verimi 0.42 t/da

olarak belirtilmiştir. Araştırmadaki kalite kriterlerinden azot oranı Haziran hasadından Nisan hasadına (Sırasıyla, %1.24, 0.98, 0.75, 0.39, 0.30) kadar önemli bir azalma kaydetmiş ve Haziran ayından Kasım ayına gelindiğinde N oranı %68 oranında düşmüş olup Kasım ayı ile Nisan ayı hasatları arasında istatistiki olarak bir fark tespit edilmediği vurgulanmıştır. Diğer bir kalite kriteri olan kül oranı temmuz hasadında %7.1 (Kaydedilen en yüksek seviye) olurken bu oran Nisan hasadında istatistiki olarak azalıp %4.3 olarak kaydedilmiş, öte yandan azot oranında olduğu gibi Kasım (sonbahar) ve Nisan (ilkbahar) hasatları arasında kül oranları açısından istatistiki olarak bir fark olmadığı da söz konusu bu çalışmada saptanmıştır.

Hasat zamanı ile ilgili yapılan çalışmalardan bir diğerinde ise (Kuzey Fransa, 21 farklı Miskantus genotipi) kış ve sonbahar hasat zamanlarının bitkideki sap sayısına önemli bir etkisinin olmadığı ancak denemenin ikinci yılında sonbahar hasadında 31 adet olan sap sayısının kış hasadında 24 adete düştüğü ve ayrıca denemenin üçüncü yılında sonbahar hasadında 59 adet olan sap sayısının kış hasadında 69 adete yükseldiği bildirilmiştir. Ek olarak araştırmacılar hasat zamanı gözetmeksizin üçüncü yıl sap sayısının ikinci yıl sap sayısından daha yüksek olduğunu ve sap sayısının biyokütle verimi ile pozitif yönde bir ilişkisi olmadığını vurgulamışlardır (Zub et al., 2011).

Waramit et al. (2011) tarafından Iowa eyaletinde biyoenerji amaçlı üretilen *P.virgatum*'a ait bitki kompozisyonunun hasat tarihine olan tepkisini belirlemek için yapılan iki yıllık bir çalışmada, on farklı hasat zamanı uygulanmış olup ilk hasat tarihi olan Mayıs ayından son hasat tarihi olan Ekim ayına doğru hasat zamanı ertelendiğinde her iki yıl içinde karbon oranının yükseldiği ancak kül ve azot oranlarının düzeyli bir ivme ile azaldığı saptanmış olup, biyokütle hammadde üretimi için en uygun bileşiğe sahip olan bitkilerin hasat zamanı ertelenen bitkiler olduğu araştırmacılar tarafından sonuç olarak vurgulanmıştır.

Monti et al. (2008) tarafından Kuzey İtalya'da yürütülen bir çalışmada Miskantus ve dallı darı bitkileri kış donlarının ardından hasat edilmiş ve bitkilerin farklı organlarındaki kül ve mineral içerikleri incelenmiştir. Miskantus için yapraklarda bulunan kül oranı %6.2, N oranı %0.63, C oranı %43.1, saplarda

bulunan kül oranı %1.9, N oranı %0.16, C oranı %43.9 olurken, dallı darı için yapraklardaki kül oranı %7.6, N oranı %0.74, C oranı %42.3, saplarda kül oranı %2.6, N oranı %0.3, C oranı %43.5 olarak saptayan araştırmacılar, yaprak bileşenini azaltmayı amaçlayan tarımsal stratejilerden hasadı geciktirme yönteminin, biyoyakıt tesislerinde kullanılacak olan enerji bitkilerinin uygunluğunu önemli ölçüde iyileştireceğini çalışmalarının sonucu olarak paylaşmışlardır.

Xiong et al. (2008) tarafından Kuzey Çin bölgesinde Eylül ve Nisan ayları olmak üzere iki farklı hasat zamanının *Panicum virgatum* yakıt karakterlerine etkisi üzerine yapılan bir araştırmada, bu bitkinin verimi, yanma için kalite kriterleri ve düşük su kullanımı baz alınarak bölge koşulları için en iyi enerji bitkilerinden biri olduğu ve hasat tarihinin sonbahardan ilkbahara ertelenmesinin yakıt olarak kullanılacak biyokütledeki kül, kaliteyi etkileyen elementler (C, H, N) ve ısı değerleri bakımından istenen özelliklere sahip olduğu araştırmanın sonucu olarak ifade edilmiştir.

Amerika’da üç farklı dallı darı çeşidi ile yapılan bir çalışmada sonbahar hasadından elde edilen üç çeşide ait 0.8 t/da ortalama biyokütle veriminin ortalamasının üzerinde bir kar yağışı geçirmiş olan kış hasadından elde edilen ortalama biyokütle veriminin 0.6 t/da’a düştüğü saptanmıştır (Adler et al., 2006).

Lewandowski et al. (2003a) İsveç, Danimarka, İngiltere, Almanya ve Portekiz olmak üzere Avrupanın beş farklı lokasyonunda onbeş farklı Miskantus genotipi ile sonbahar ve kış hasat zamanlarını karşılaştırma üzerine bir tarla çalışması yürütmüşler ve bitkilerin ekiminden sonraki üçüncü gelişme dönemindeki kuru madde verimini, nem, kül ve N oranlarını incelemişlerdir. Yapılan çalışmada hasat tarihinin sonbahardan kış aylarına ertelenmesi nedeniyle ortalama kuru madde veriminin 1.7 t/da’dan 1.4 t/da’a düşerek %35 azaldığını ancak nem (%56.4’dan %29.1’e), kül (%4’dan %2.5’e) ve N (%0.4’dan %0.5’e) oranlarında kaliteyi arttıran bir şekilde önemli düzeyde bir azalma gösterdiğini vurgulamışlardır.

Güney Almanya ekolojik koşullarında 15 Miskantus genotipinde sonbahar (Kasım) ve erken ilkbahar (Şubat) olmak üzere iki farklı zamanda üç yıl boyunca

hasat yapılmış ve kuru madde veriminin sonbahar hasadından kış hasadına gelindiğinde tüm bu genotipler için azaldığı saptanmıştır. Bitkilerin kül oranları incelenip sonbahar hasadı ile kış hasadındaki oran karşılaştırıldığında birinci yıl beklenmedik bir artış saptanmış (%6.90'dan %8.90'a) ancak bu oran ikinci ve üçüncü yıllarda (İkinci yıl; %3.80'den %3.00'a, üçüncü yıl; %3.40'dan %2.30'a) bir azalma göstermiş olup azot oranlarının ise tüm yılların sonbahar hasadına göre kış hasatlarında (1. yıl; %1.56'dan %1.39'a; 2.yıl; %0.72'den %0.63'e ve 3.yıl; %0.44'den %0.36'ya) azaldığı ayrıca belirtilmiştir. Araştırmada ayrıca 15 farklı Miskantus genotipine ait sap çapının ortalama 5.9 mm olduğu vurgulanmıştır. (Clifton-Brown and Lewandowski, 2002).

Güney İngiltere'de *Panicum virgatum* (7 farklı çeşit) ve acı dallı darı (*Panicum amarum*) (1 çeşit) bitkilerinin biyoyakıt olarak kullanılmasını amaçlayan bir çalışmada hasat zamanlarını ilk olarak yeşil sap dönemi (Sonbahar), ikinci olarak ölü sap dönemi (Kış) ve son olarak da geç kış/erken ilkbahar dönemi ile bitki fizyolojisine göre üç farklı şekilde ayıran araştırmacılar dört yıllık ortalama sap sayısını 961 adet/m² ve bitki boyunun 115 cm olduğu belirtmişlerdir (Christian et al., 2002). Ek olarak kuru madde verimi ve kuru maddedeki azot oranlarını sırasıyla sonbahar hasadında 1 t/da ve %0.97, kış hasadında 0.7 t/da ve %0.88, erken ilkbahar hasadında 0.5 t/da ve %0.80 ve ayrıca üç farklı dallı darı ekotipinin ortalama C oranının %47.9 olduğunu tespit etmişlerdir.

Lemus et al. (2002) tarafından Güney Iowa ekolojik koşullarında 20 farklı dallı darı popülasyonu ile yürütülen bir tarla çalışmasında bir yıllık tesis periyodunu geçirmiş ve sonbaharda hasat edilen bitkilerin ekotipe göre değişiklik gösteren ortalama biyokütle verimi 0.9 t/da ve bitki boyu 140 cm olarak belirtilmiştir. Ayrıca bölge koşullarında üretim odaklı üç farklı çeşit analize alınarak incelenmiş olup sonbahar hasadındaki kül, C, H, N oranları sırasıyla %5.9, %48.5, %5.1, %0.56 ve kış hasadındaki kül, C, H, N oranları sırasıyla %3.8, %47.0, %5.6, %0.35 olduğu belirtilerek hasat zamanı etkilerinin istatistiki bakımdan önemli bir fark içerdiği saptanmıştır.

Bush et al. (2001) tarafından Alabama’da dallı darı ile yürütülen bir projede, bitkiler sonbahar döneminde hasat edilmiş olup biyokütle yakıt değerleri kül %3.93, karbon %43.55, hidrojen %5.13, azot %0.79 ve ısı değeri 17.26 Mj/Kg olarak bulunduğu paylaşılmıştır.

Avrupanın beş farklı ülkesinde (İsveç, Danimarka, İngiltere, Almanya, Portekiz) yürütülen bir projede onbeş farklı Miskantus genotipi sonbahar (Ekim ya da Kasım) hasadına tabi tutulmuş, çalışmanın üçüncü yılındaki ülke bazlı kuru madde verimleri, sap sayısı ve bitki boyu özellikleri; İsveç 1.1 t/da, 71 adet/m², 147 cm; Danimarka 0.8 t/da, 57 adet/m², 120 cm; İngiltere 1.2 t/da, 92 adet/m², 181 cm; Almanya 1.7 t/da, 103 adet/m², 208 cm ve Portekiz 2.7 t/da, 167 adet/m², 223 cm olarak sıralanmıştır (Clifton-Brown et al., 2001). Araştırmacılar, farklı genotiplerin değişik ekolojilerde farklı verim değerlerine ulaştıklarını vurgulamışlardır.

Miles et al. (1995) ve Moilanen (2006) atfen Vassilev et al. (2010), enerji bitki biyomaslarının kimyasal içeriğini inceleyen bir çalışmada Miskantus için C oranı %49.2, H oranı %6.0, N oranı %0.4 olurken, dallı darı için C oranı %49.7, H oranı %6.1, N oranı %0.7 olarak belirtilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Araştırma Yeri

Araştırmaya ait deneme çalışmaları Kasım 2019 - Şubat 2021 tarihleri arasında Ege Üniversitesi içerisinde yer alan Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme parsellerinde gerçekleştirilmiştir.

3.2 İklim Özellikleri

Denemenin gerçekleştiği lokasyonun iklimsel verileri İzmir Meteoroloji Bölge İstasyonunun veri tabanından sağlanmıştır (MGM, 2021). Bu verilerin detaylandırıldığı Tablo 3.1'in içeriğinde araştırmanın başlangıç ve bitiş tarihlerini de içeren 2019-20-21 yıllarının ve son 26 yılın (1995-2021) ortalama hava sıcaklığı ve aylık toplam yağışı ile ilgili veriler sunulmuştur.

Tablo 3.1. Deneme yerinin bazı iklimsel verileri

	2019		2020		2021		Uzun Yıllar Ortalaması	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)
Ocak	8.7	369.3	8.3	37.5	10.6	213.5	9.0	112.2
Şubat	9.8	106.3	10.8	76.6	11.1	138.0	9.2	99.7
Mart	13.2	37.8	13.5	83.0	11.1	98.0	11.8	82.9
Nisan	16.3	66.1	16.4	56.1	16.7	25.4	16.1	46.4
Mayıs	21.9	12.6	21.6	55.2	22.9	0.6	21.0	25.4
Haziran	27.7	21.7	25.1	24.9	25.4	31.4	26.0	7.5
Temmuz	28.5	8.8	29.7	1.4	30.6	1.3	28.3	2.1
Ağustos	29.8	1.3	29.3	0.4	29.9	0	27.9	1.7
Eylül	24.6	18.4	26.9	0.5	24.9	0.3	23.9	19.9
Ekim	21.2	22.6	20.9	53.6	18.7	27.9	19.1	43.2
Kasım	16.9	58.2	14.3	2.2	14.6	66.2	13.8	109.7
Aralık	11.3	73.4	12.4	126.0	9.4	155.5	10.5	137.9
Ort / Top.	19.2	796.5	19.1	517.4	18.8	758.1	18.1	688.6

3.3 Toprak Özellikleri

Araştırma yeri toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla usulüne uygun alınan numunelere (0-30 cm toprak derinliğinden) Ziraat

Fakültemizin Toprak Bölümüne ait analiz laboratuvarlarında toprak analizi yapılmış olup detayları içeren sonuçlar Tablo 3.2’de paylaşılmıştır.

Tablo 3.2. Araştırma yerinin toprak analiz sonuçları

Özellikler		Yorum	Özellikler		Yorum
Kum (%)	24.72	-	Kireç (%)	9.91	Kireççe zengin
Kil (%)	32.56	-	Organik Madde (%)	1.24	Humusça fakir
Mil (%)	42.72	-	Toplam Azot (%)	0.11	Azotça orta
Bünye	Tın	-	Alınabilir Fosfor (ppm)	2.43	Orta
pH	7.84	Hafif alkali	Faydalı Potasyum (ppm)	284	Yeterli
Eriyebilir Toplam Tuz (%)	0.0172	Tuzluluk tehlikesi yok	Faydalı Kalsiyum (ppm)	2100	Normal

Araştırma denemesinin bulunduğu lokasyona ait iklim ve toprak özelliklerinin çalışmamızdaki gerekli bakım koşulları sağlanan üç farklı bitkisel materyalin üretilebilirliği açısından olumsuz bir durum teşkil etmediği yukarıdaki veriler sayesinde anlaşılmaktadır (Şekil 3.1).

3.4 Bitkisel Materyal

Yapılan denemede çok yıllık buğdaygillerden dev kralotu, filotu ve dallıdan olmak üzere üç farklı bitki genotipi deneme materyali olarak kullanılmıştır (Şekil 3.2).

3.5 Yöntem

Deneme faktörleri ve deseni: Çalışmanın temelinde yukarıda belirtilen 3 farklı buğdaygil genotipi ve 2 değişik hasat zamanı (sonbahar ve kış) olmak üzere iki faktör ele alınmış olup, araştırma iki faktörlü tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak düzenlenmiştir.

Denemenin hazırlanışı ve kültürel işlemler: Yapılan çalışma tarla koşullarında hali hazırda çakılı olarak bulunan 9 yaşındaki deneme üzerinden sürdürülmüştür. Tarla parsellerinin boyutları 2.8 m x 5 m olup her bir parsel içerisinde sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 50 cm olan 4 sıra bitki mevcut olup

denemenin blok aralarına tarımsal işlemlerinin daha düzgün gerçekleştirilebilmesi amacıyla 2 m aralıklarla yol açılmıştır.

Yöre koşullarında gerçekleştirilen daha önceki çalışmalara dayanarak, dev kralotuna dekara 15 kg N, 10 kg P ve 10 kg K (Geren and Yaman, 2016), filotuna dekara 15 kg N, 5 kg P ve 15 kg K (Haines, 2011) ve dallı darı bitkilerine dekara 10 kg N, 8 kg P ve 8 kg K (Geren vd., 2016) gübre tankına bağlı damla sulama sistemi ile söz konusu olan N dozlarının yarısı ile P ve K dozlarının tamamı Nisan ayının ortasında, N dozunun geriye kalan diğer yarısı ise bitkiler 30-40 cm boyuna ulaştığında uygulanmıştır (N dozlarının ilk yarısı üre formunda; diğer yarısı amonyum sülfat formunda, P_2O_5 dozları mono amonyum fosfat ve K_2O dozları potasyum sülfat olarak uygulanmıştır). Çalışmanın ikinci yılında gübre dozları ve formlarının aynı şekilde uygulanması sağlanmıştır.

Tüm deneme süresi boyunca taşınabilir nem ölçer yardımı ile parsellerin belirli noktalarından topraktaki nem oranı düzenli olarak ölçülmüş ve su oranı tarla kapasitesinin %50'sinden daha az bir seviyede ölçüldüğünde damla sulama sistemi ile denemenin sulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Deneme alanında görülen yabancı otlara bitkisel deneme materyallerinin erken büyüme döneminde elle (çapa ve bağ bıçağı yardımıyla) müdahale edilmiş (Şekil 3.3) daha sonraki dönemlerde büyüyen bitkilerin yabancı otları baskılaması sayesinde ve ayrıca tüm deneme süresince bitki koruma müdahalesi gerektiren bir hastalık ya da zararlı tespit edilmediği için herhangi bir kimyasal savaşıma gerek kalmamıştır.

Hasat: Denemedeki tüm bitki genotiplerinin hasatları daha önceki literatür çalışmaları ve yukarıda incelenen faktör olarak belirtilen sonbahar ve kış olmak üzere iki farklı hasat zamanında yapılmıştır. Sonbahar ve kış hasatları olarak adlandırılan bu ikili sistemde hasat zamanı belirlemedeki en önemli iki faktörden birincisi kış sonu ya da erken ilkbahar dönemlerine gelindiğinde fizyolojik bakımdan yeniden büyümenin aktive olmaması (yeniden büyüme sürecinde ilk sürgünlerin çıkmaması kriteri) ikinci faktör ise sonbaharın yoğun yağmurlarından kaçınılması ile bitkilerin olabildiğince kurumasına imkan sağlayarak hasat

edilebilmesidir (Christian et al., 2002; Nazlı, 2017). Çalışmamızda tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak ilk yıl sonbahar hasadı 6 Kasım 2019 ve kış hasadı 4 Mart 2020 tarihlerinde, ikinci yıl sonbahar hasadı 27 Ekim 2020 ve kış hasadı 23 Şubat 2021 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

Denemenin hasadı yukarıda belirtilen tarihlerde Geren (2017) referansına göre toprak seviyesinden dallı darı bitkileri için 5 cm, dev kralotu ve filotu bitkileri için 10 cm anız yüksekliğinden el aletleri (orak, bağ bıçağı, tara, vb) yardımıyla kesilerek hasat edilmiştir (Şekil 3.7). Hasat işlemleri esnasında kenar tesiri düşünülerek dört sıra bitkinin mevcut olduğu parselin baş ve son kısmındaki sıralar çıkarılmış olup orta kısımda kalan iki sıranın baş ve son kısmından 50'şer cm'lik kısımlar ayrılıp son kalan net 5.6 m² olan alan biçilmiştir.

3.6 Araştırmada İncelenen Özellikler

Araştırmada incelemeye alınan özellikler aşağıda sunulmuştur:

- **Sap (kardeş) sayısı (adet/m²):** Net hasat alanı içerisindeki 1 m²'lik kısımdaki tüm bitki sapları sayılmıştır.
- **Bitki boyu (cm):** Hasattan önce parsel alanındaki bitkilerin toprak yüzeyinden başak ucu ya da büyüme konisine kadar olan uzunlukları cetvel ile ölçülmüştür (Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6).
- **Sap çapı (mm):** Bitki boyu ölçümü yapılmış bitkilerin toprak seviyesinden 5 cm yükseklikteki bitki kısımlarının kumpas ile ölçülerek sap çapı belirlenmiştir.
- **Biyokütle verimi (BV) (kg/da):** Deneme parsellerinden hasadı yapılan bitkilerin dört gün boyunca (Geren and Kavut, 2015) 70°C'de kuruması sağlanmış ve hassas terazide tartıldıktan sonra verimleri kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11).
- **Kül oranı (%):** 1 mm'lik orana sahip elekten geçirilen her bir hava kurusu bitki örneklerinden 0.5 gr ayrılıp kül krozelerine yerleştirilmiş ve 550 °C'ye getirilen kül fırınına konarak beyazımsı-gri bir renk alana kadar yaklaşık olarak 4 saat boyunca yakılmış ve orantı yardımıyla hesaplanmıştır (Geren and Kavut, 2015).

- **Azot (N), Karbon (C) ve Hidrojen (H) oranları (%):** Ege Üniversitesi Biyokütle Enerji Sistemleri ve Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında bulunan Leco TruSpec® CHN-S analiz cihazında ASTM D5373 referans methoduna göre 0.1 g öğütülmüş kuru bitki örnekleri alüminyum krozelere konularak 950 °C'deki cihazda yakılmış ve sonuçlar hesaplanmıştır (ASTM, 2010)
- **Isıl Değer:** Aynı laboratuvarda bulunan Bomba kalorimetre cihazında (Parr 6300, Illinois, USA), ASTM D 5865 standartına göre 1 g numuneden hazırlanan peletler cihaza yerleştirilmiş ve 3000 kPa (30 Bar) basınç altında oksijenle yakılarak sonuçlara ulaşılmıştır (ASTM, 2013).

3.7 Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonucundaki elde edilen veriler, iki faktörlü tesadüf blokları deneme deseni temel alınarak varyans analizi yapılmış olup, buğdaygil cinsi ve hasat zamanları arasındaki farklar LSD (en düşük önemli fark) testi (%5) kullanılarak tespit edilmiştir (Yurtsever, 1984).



Şekil 3.1. Denemeden genel bir görünüm.



Şekil 3.2. Denemenin üstten genel bir görünümü.



Şekil 3.3. Yabancı ot temizliğinden sonra denemenin genel bir görünümü.



Şekil 3.4. *P.hybridum* bitkisinin Sonbahar ve Kış hasatlarındaki bitki boyu ölçümü.



Şekil 3.5. *M.giganteus* bitkisinin Sonbahar ve Kış hasatlarındaki bitki boyu ölçümü.



Şekil 3.6. *P.virgatum* bitkisinin Sonbahar ve Kış hasatlarındaki bitki boyu ölçümü.



Şekil 3.7. Hasat işleminden görünümeler.



Şekil 3.8. Hasat sonrası tartım işleminden bir görünüm.



Şekil 3.9. Tüm bitkilerin kurutma işlemi öncesi hazırlanması.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Sap (Kardeş) Sayısı

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının sap (kardeş) sayısı üzerine yaptıkları etkileri gösteren değerler Tablo 4.1’de izlenebilmektedir.

Tablo 4.1. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının sap (kardeş) sayısına etkisi (adet/m²)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	89	75	82
<i>Miscanthus giganteus</i>	92	88	90
<i>Panicum virgatum</i>	471	380	425
Ortalama	217	181	199
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	120	107	113
<i>Miscanthus giganteus</i>	135	129	132
<i>Panicum virgatum</i>	690	367	528
Ortalama	315	201	258
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	105	91	98
<i>Miscanthus giganteus</i>	114	108	111
<i>Panicum virgatum</i>	580	373	477
Ortalama	266	191	228
LSD (%5)	Y (Yıl):6.85 B (Bitki):8.39 BxHZ:11.87	YxB:11.87 YxHZ:9.69 YxBxHZ:16.79	HZ (Hasat zamanı):6.85

Yapılan istatistiki analizler sonucu sap sayısında, söz konusu tüm faktörler ile bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının önemli olduğu anlaşılmıştır (Tablo 4.1).

Çalışmamızda üçlü interaksiyonun önem arz etmesi nedeniyle en yüksek sap sayısı 690 adet ile ikinci yıl sonbaharda hasat edilen *P.virgatum* bitkisinden, en düşük sap sayısı ise 75 adet ile birinci yıl kış mevsiminde hasat edilen *P.hybridum* bitkisinde saptanmış olup, onu istatistiki bakımdan aynı grupta yer alan birinci yıl

kış mevsiminde hasat edilen *M. x giganteus* bitkisi (88 adet) ve sırasıyla, birinci yıl sonbahar mevsiminde biçilen *P.hybridum* (89 adet) ve *M. x giganteus* (92 adet) bitkileri izlemiştir.

Çalışmada yıllar arasında bir fark olduğu belirlenmiştir. İkinci yıla ait bitkilerin sap sayılarının genel ortalama değerinin (258 adet) birinci yıla (199 adet) kıyasla daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Temelinde yeniden büyüme sistemi olan çok yıllık bitkilerin ilk tesis ve bakım yıllarını atlatmalarından sonra fizyolojik anlamda maksimum performanslarına ulaşmalarının bir sonucu olan ilk yıllara göre sap sayısının artması ve bu sayının gelişme periyodları uzun yıllara yayıldığında bitkilerin doğal olarak azalan bir ivme ile yaşamlarını sürdürülebilir kılma isteği ile bağlantılıdır. Sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin sap sayısında sırasıyla %13, %5 ve %36'lık bir azalma mevcuttur (Tablo 4.1). Nitekim çalışmamızda da fark edilen sonbahar hasatlarındaki sap sayısının kış hasatlarındaki sap sayılarına oranla daha fazla olmasının sonbahar hasadına kadar bitkinin yeniden büyüme periyodunu tamamlaması ve kış hasadına kadar geçen sürede kendini bir nevi inzivaya çekerek diğer agronomik özelliklerimize de yansıyacak olan dormant olma durumunu yapısına uygulamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca çalışmamızda yer verdiğimiz bu üç farklı buğdaygil genotipinin morfolojik yapıları gereği sap sayılarının önemli derecede farklı olmaları beklenen bir durumdur. DKO'nun diğer bitkilere göre kalın saplı bir yapıya sahip olması birim alandaki sap sayısının az olmasına neden olurken en ince sap çapına sahip olan dallı darı bitkisi diğer iki bitkiye birim alandaki sap sayısı bakımından önemli fark oluşturmuştur (El Bassam, 1998; Geren vd., 2011).

Saberrezaei ve Geren (2021) Bornova yöre koşullarında *P. hybridum* bitkilerinin birinci yıl sap sayısı ortalamasının 10.4 adet/saksı olduğunu ikinci yıl ise bu değer ortalama 14.5 adet/saksı'ya yükseldiğini belirtmiştir. Bornova yöre koşullarında *P. hybridum* bitkisinde Geren ve Kavut (2015) tarafından yürütülen bir başka çalışmada sonbaharda hasat edilen bitkilerin sap sayısının birinci yıldan dördüncü yıla (1.Yıl:44, 2.Yıl:262, 3.Yıl:287, 4.Yıl:291 adet/m²) kadar bir artış

gösterdiği vurgulanmıştır. Gönülal ve Soylu (2021) ise Konya/Karapınar lokasyonunda yağışa bağlı kurak şartlarda 6 farklı dallı darı çeşidinde yaptıkları bir çalışmada her iki yılda Temmuz ayında hasat edilen 4 yaşındaki bitkilerin ortalama sap sayısının 334 adet/m² olurken 5 yaşındaki bitkilerin ortalama sap sayısının yağış miktarındaki azalmadan kaynaklı 306 adet/m²'ye düştüğünü bildirmişlerdir. Bornova ekolojisinde yürütülen başka bir çalışmada araştırmacılar *M. x giganteus* bitkilerini iki yıl boyunca Kasım ayı içerisinde hasat etmişler ve ilk yıl bitkideki kardeş sayısını 9.2 adet ikinci yıl ise 31.6 adet olarak bulmuşlardır (Geren vd., 2011). İngiltere'de yürütülen bir çalışmada ise kış döneminde (Ölü sap dönemi) hasat edilen Miskantus bitkilerinin sap sayısı yine aynı dönemde 10 yıl boyunca ölçülmüş ve ilk yıl ortalama 32.2 adet/bitki olan sap sayısının onuncu yılın sonunda 9.2 adet/bitki'ye kadar azaldığını ve bunun nedeni olarak ise yaşlı bitki rizomlarına göre genç bitki rizomlarının daha küçük ve asimilasyon için daha fazla ışık ve içerik rekabetine girmesi kaynaklı olabileceği belirtilmiştir (Christian et al., 2008). Yürütülen bir başka *M. x giganteus* çalışmasında ikinci yıl sonbaharda hasat edilen bitkilerin sap sayısının metrekarede 60 adet ile kışın hasat edilen ve metrekarede 10 adet olan sap sayısından daha yüksek olduğunu ancak üçüncü yıl kış hasadı sap sayısı (75 adet/m²) değerinin sonbahar hasadından (65 adet/m²) yüksek olduğu ifade edilmiştir (Clifton-Brown and Lewandowski, 2002). Yapılan bu çalışmaların bulgularımızı tam olarak desteklememesinin nedeni ekolojik ve genotipik farklılıklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.2 Bitki Boyu

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının bitki boyu üzerine yaptıkları etkileri gösteren değerler Tablo 4.2’de izlenebilmektedir.

Tablo 4.2. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının bitki boylarına etkisi (cm)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	326	250	288
<i>Miscanthus giganteus</i>	265	260	263
<i>Panicum virgatum</i>	184	179	181
Ortalama	258	230	244
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	363	296	329
<i>Miscanthus giganteus</i>	340	313	327
<i>Panicum virgatum</i>	165	156	160
Ortalama	289	255	272
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	345	273	309
<i>Miscanthus giganteus</i>	302	287	295
<i>Panicum virgatum</i>	174	168	171
Ortalama	274	242	258
LSD (%5)	Y:16.33 B:20.00 HZ:16.33 YxB:28.28 YxHZ:ÖD BxHZ:28.28 YxBxHZ:ÖD		

ÖD: önemli değil

Elde edilen değerlerin istatistiki analizleri sonucunda bitki boyu üzerine, Y, B, HZ faktörlerinin etkisiyle YxB ve BxHZ interaksyonları önemli bulunurken, YxHZ ve 3’lü interaksyon önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.2).

BxHZ interaksyonuna göre yapılan değerlendirmede; en yüksek bitki boyu ortalaması 345 cm ile sonbahar mevsiminde biçilen *Pennisetum hybridum*, en düşük bitki boyu ortalaması 168 cm ile kış mevsiminde biçilen *Panicum virgatum* bitkisinde belirlenmiş, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan sonbaharda biçilen *Panicum virgatum* (174 cm) bitkisi izlemiştir.

YxB interaksiyonuna göre yapılan değerlendirmede; en yüksek bitki boyu ortalaması 329 cm ile ikinci yıl *Pennisetum hybridum* bitkisinde saptanırken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan ve ikinci yıl hasat edilen *Miscanthus giganteus* (327 cm) bitkisi takip etmiştir. En düşük bitki boyu ortalaması ise istatistiki olarak aynı ve son grupta yer alan, sırasıyla ikinci (160 cm) ve birinci yıl (181 cm) hasat edilen *Panicum virgatum* bitkisinde saptanmıştır.

Denemede yıllar arasında fark tespit edilmiştir. Denemenin ilk yılına ait bitki boylarının genel ortalama değerinin (244 cm), ikinci yıldan (272 cm) daha düşük olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.2’de görüldüğü gibi sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin bitki boylarında sırasıyla %21, %5 ve %4 bir azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durum sonbahar döneminde bitkilerin henüz yeşil olmasından kaynaklanmaktadır. Zira hücrelerde su henüz azalmadığı için bitkiler daha yüksek boylu olmuşlardır. Mevsimin kışa doğru kaymasıyla, bir başka ifadeyle sıcaklığın düşük derecelere düşmesiyle bünyedeki hücreler ölmekte, bitki sararmakta, su kaybı artmakta, dolayısıyla bitki boyu kısalmaktadır. Zira pek çok araştırıcı (Angelini et al., 2005; Tansı vd., 2018), bu tip buğdaygillerde kış dönemindeki bitki boyunun sonbahara göre nispeten daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmamızda, sonbahar döneminde kış döneminde doğru oluşan yağışlardan bitkilerin yararlandığını söylemek adeta olanaksızdır. Zira ele alınan  bitki cinsi de yöre koşullarında kış döneminde dormant (uyku hali) olduklarından söz konusu yağışlardan faydalanamamaktadırlar.

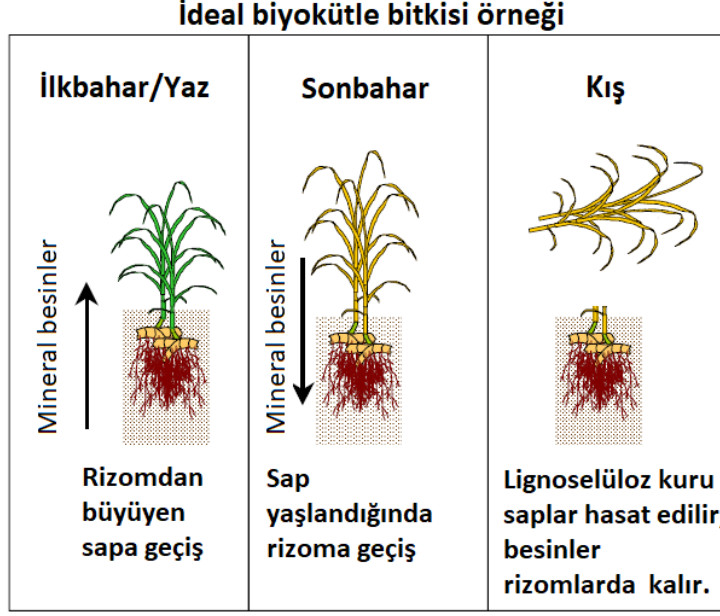
Denemede kullanılan bitkilerin dokuz yaşında olmaları, diğer bir ifadeyle yaşlanmaları da, elde edilen bitki boylarının biraz düşük olmasına neden olmuştur. Zira Geren and Kavut (2015) Bornova ekolojik koşullarında sonbahar aylarında *P.hybridum* bitkisinin hasadı sırasında ölçümünü yaptıkları bitki boylarının tesis yılında 244 cm, ikinci ve üçüncü yıllarda ise sırasıyla 359 ve 416 cm şeklinde bir artış gösterdiğini ve çalışmanın son yılında bitki boyunun 397 cm ile hafif bir düşüş yaşamasının bitkinin yaş alma evresine doğru bir geçiş yaptığının bir göstergesi olduğunu vurgulamışlardır.

Diğer taraftan Christian et al. (2008) tarafından *Miscanthus x giganteus* ile yapılan bir çalışmada tesis yılında 43 cm olarak ölçülen bitki boyunun 10 yılın sonunda 352 cm olduğu ve her yıl genellikle sonbahar döneminde ölçülen bitki boylarının istikrarlı bir artış gösterdiği belirtilmiştir.

Çok yıllık bitkiler ile oluşturulan plantasyonlarda, bitkilerden beklenen performansları ortaya koymak için belli bir süre beklenilmesi gerektiği pek çok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir. Tesis yılında yeterince kök gelişimi sağlayamadan hasat edilen bitkilerin adeta ölüme mahkum edileceği bazı araştırmacılar tarafından da vurgulanmıştır (Kukkonen, 2009; Geren, 2017). Gönülal ve Soylu (2021) ise altı farklı dallı darı çeşidini içeren bir çalışmada ard arda iki yıl (2018-2019) boyunca Temmuz ayında hasat edilen bitkilerin boyları arasında yıl bazlı bir fark olmadığını ve bitki boyu ortalamasının 57.7 cm olduğunu saptamışlardır.

Araştırmada çok yıllık sıcak iklim buğdaygili grubunda yer alan bu üç bitki genotipinin en önemli ortak özelliklerinden birisi, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde fizyolojik ve morfolojik olarak yeniden büyümelerini aktive edip kış aylarına gelindiğinde düşük hava sıcaklıklarının etkisi ile dormant bir duruma geçerek kendini bir sonraki üretim periyoduna hazırlamasının bitkilerin sonbahar hasadındaki boylarının kış hasadındaki boylarına oranla daha yüksek olmasının açık bir ifadesidir. Kışa giriş döneminde bitki yaprak ve saplarındaki besin maddeleri kök, kök boğazı ve rizomlara çekilmesi nedeniyle bitki boyları kısalmaktadır. Bu durum Şekil 4.1’de açıklanmıştır.

Buna ek olarak kış aylarındaki dormant kuru bitkilerin hava şartlarının olumsuz gitmesiyle dev kralotunun uç ve miskantusun başak kısımlarının kırılması ile daha yatık büyüme formuna sahip dallı darı bitkilerinin diğer bitkilere göre az da olsa kırılabilmesi kaynaklı kış hasadından elde edilen bitki boylarının daha kısa olması açıklanabilmektedir. Diğer bir bakımdan DKO ve Miskantus bitkilerinin genetik yapıları nedeniyle dallı darı bitkisinden daha uzun olmaları yadsınamaz bir morfolojik gerçeklik durumu olup, çalışmamızda istatistiki anlamda da fark edilmiştir (Clifton-Brown and Lewandowski, 2002; Tansı vd., 2018).



Şekil 4.1. Yaz mevsimi sonundan Kış mevsimine doğru enerji bitkileri bünyesinde mineral besin akışları.

Sıcak iklim buğdaygilleri ile çalışan bir çok araştırmacı, genotipik etkinin boy üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır. Şöyle ki, Tansı vd. (2018) tarafından Adana’da bitki boyunun miskantus (Ort:200 cm) ve dallı darı (Ort:174 cm) bitkileri için farklı hasat zamanlarından etkilenmediğini ve ayrıca Çankırı’da yine dallı darı bitki boyunun (Ort:203 cm) farklı hasat zamanlarından etkilenmediği ancak sonbahar hasadındaki (215 cm) miskantus bitki boyunun ise kış/erken ilkbahar (184 cm) hasadından önemli derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. Nazlı (2017) ise Çukurova Bölgesi’nde iki farklı hasat zamanı (Sonbahar ve Kış) miskantus ve dallı darı bitkilerine uygulamış olup hasat zamanlarının her iki tür içinde istatistiki olarak önemli olmadığı ve ortalama bitki boylarının Miskantus için 2.2 m ve Dalli darı için 1.7 m olduğu bildirmiştir.

Çalışmamızda ele alınan çok yıllık buğdaygil bitkilerinden dev kralotunun en yüksek boy değerine ulaştığı, yüksek boy, vb. verim unsurlarının da biyokütle verimi gibi parametreleri olumlu yönde etkilediği söylenebilir (Clifton-Brown and Lewandowski, 2002).

4.3 Sap Çapı

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının sap çapı üzerine yaptıkları etkileri gösteren değerler Tablo 4.3’de izlenebilmektedir.

Tablo 4.3. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının sap çapına etkisi (mm)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	17.6	14.8	16.2
<i>Miscanthus giganteus</i>	8.4	7.0	7.7
<i>Panicum virgatum</i>	4.8	3.8	4.3
Ortalama	10.3	8.5	9.4
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	15.4	14.5	15.0
<i>Miscanthus giganteus</i>	7.6	7.4	7.5
<i>Panicum virgatum</i>	4.2	3.3	3.8
Ortalama	9.1	8.4	8.8
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	16.5	14.7	15.6
<i>Miscanthus giganteus</i>	8.0	7.2	7.6
<i>Panicum virgatum</i>	4.5	3.6	4.0
Ortalama	9.7	8.5	9.1
LSD (%5)	Y:0.56 B:0.68 HZ:0.56 YxB:ÖD YxHZ:0.58 BxHZ:ÖD YxBxHZ:ÖD		

ÖD: önemli değil

Yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen değerlerin istatistiki analizleri bitkinin sap çapı bakımından birinci ve ikinci yılda Y, B, HZ faktörleri ve YxHZ interaksyonu önemli olurken, YxB, BxHZ ve 3’lü interaksyon ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.3).

YxHZ interaksyonu incelendiğinde birinci ve ikinci yıl sonbahar hasatlarına ait sap çapı ortalamasının (1.yıl:10.3 mm ve 2.yıl:9.1 mm) kış hasatlarına ait sap çapı ortalamasından (1.yıl:8.5 mm ve 2.yıl:8.4 mm) daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Denemede yıllar arasında fark olduğu saptanmıştır. Denemenin ilk yılına ait ortalama sap çapı genel ortalama değerin (9.4 mm), ikinci yıldan (8.8 mm) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.3’de görüldüğü gibi sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin sap çaplarında sırasıyla %11, %10 ve %21 bir azalma saptanmıştır. Araştırmada sonbahar hasadı sap çapı (sap kalınlığı) ortalamasının kış hasadından her iki yılda da önem taşıması, kışın hasat edilen parsellerde bulunan ve sonbahardan kış dönemine kadar gelişim seviyesi dormant durumda olan bitkilerin bu dönemde mineral maddelerini köklere taşıyan ve sap kısmındaki yaşamsal fonksiyonları azaltan (su ve mineral madde akışı) sürgünlerinden kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 4.1). Nitekim çok yıllık bitkilerin sonbahar dönemindeki doku hücrelerinin kış dönemindeki hücrelerden daha geniş çaplı ve ince duvarlı olarak bilinmesi ve kış dönemine gelindiğinde hücrelerin çaplarının küçülerek hücre duvarlarının kalınlaşması bu durumu desteklemektedir (Gibson et al., 1988; Geren, 2017).

Yapılan bir çok çalışma, bitkilerin yetiştirildiği çevrenin ve farklı hasat zamanının sap kalınlığına önemli etkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin; *M. x giganteus* bitkisini kış mevsiminde biçen Özdoğan ve Geren (2019) Bornova ekolojisinde ortalama sap çapını 5.3 mm bulurken, Lee et al. (2017) ise Urbana’da ortalama sap çapını 9.2 mm olarak saptamışlardır. Alexopoulou et al. (2020) içerisinde hem ova, hem de yayla olmak üzere iki farklı ekotip bulunan 13 farklı dallı darı genotipini Yunanistan iklim koşullarında kışın hasat edip ortalama sap çapını 3.4 mm olarak bulurken, Rakhmetova et al. (2020) 5 farklı dallı darı genotipinin Ukrayna iklim koşullarında sonbaharda hasat edip ortalama sap çapını 4.9 mm bulmuşlardır.

Araştırmamızda ikinci yıl sap kalınlığının birinci yıla göre azalmasının nedeni ikinci yıl bitki boylarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira Saberzadeh (2021) Bornova yöre koşullarında *P. hybridum* bitkilerinin birinci yıl sap çapı ortalamasının 11.6 mm olduğunu ikinci yıl ise bu değerin ortalama 10.5 mm’ye düştüğünü belirtmiştir. Çok yıllık bitkilerin boyları artarken sap çaplarının azalmasının nedeni bir çok araştırmacının da ifade ettiği gibi, yerel

Çevresel koşullara (rüzgar, dolu vb.) karşı sağladığı esnekliğin mekanik desteği ile kendini güvende tutup uzun vadeli adaptasyon stratejisi uygulayarak allometrik (bitki organlarının farklı büyüme oranları) bakımdan farklılık göstermesi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Ayrıca  alı mamızda bitkilerin ilk yıllarına göre birim alanda artan sap sayısının bitkisel rekabetten dolayı daha ince bir yapıda gelişim göstermesiyle sap çapının azalmasına neden olması fark edilebilir bir durumdur. (Eloy et al., 2017;  açan ve İ ikten, 2019).

Çalışmamızda incelenen buğdaygillerde de, genetik yapıları nedeniyle beklenene uygun bir şekilde sap kalınlıkları farklı bulunmuştur. Bu açıdan dev kralotunun en kalın saplı bitki olduğu belirlenirken, dallı darının da en ince saplı bitki olduğu saptanmıştır. Nazlı (2017)    yıllık araştırmanın sonucu olarak hasat zamanlarının miskantus (Ort:8.2 mm) ve dallı darı (Ort:4.3 mm) bitkilerinin sap çapı değerlerine önemli bir etkisinin olmadığını ancak sap çapının miskantus için 1.yıl 7.4 mm'den 3.yıl'da 8.7 mm'ye ve dallı darı için 1.yıl 3.1 mm'den 5.2 mm'ye yükseldiğini istatistiki olarak tespit etmiştir. Araştırmamız ile farklılık gösteren bu çalışmaların kaynağında değişik genetik yapıların ve ekolojilerin bir etkisinin bulunmasının bu durumun nedenlerini açıklayabildiği düşünülmektedir.

Bilindiği gibi bitkilerde, diğer değişkenlere bağlı kalınmadan sap kalınlığının verimi olumlu yönde arttırdığı pek çok araştırıcı tarafından dile getirilmiştir. Çalışmamızda da kalın saplı Dev kralotu (DKO)'nun diğer buğdaygillerden daha yüksek verim sağladığı saptanmış olup, detaylar bir sonraki özellikte ele alınmıştır.

4.4 Biyokütle Verimi

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının biyokütle verimi (BV) üzerine yaptıkları etkileri gösteren değerler Tablo 4.4’de izlenebilmektedir.

Tablo 4.4. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının BV’ne etkisi (kg/da)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	4743	4460	4601
<i>Miscanthus giganteus</i>	2629	2099	2364
<i>Panicum virgatum</i>	2378	1665	2021
Ortalama	3250	2741	2996
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	6603	4035	5319
<i>Miscanthus giganteus</i>	5022	2859	3941
<i>Panicum virgatum</i>	2673	1463	2068
Ortalama	4766	2786	3776
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	5673	4248	4960
<i>Miscanthus giganteus</i>	3826	2479	3152
<i>Panicum virgatum</i>	2525	1564	2045
Ortalama	4008	2764	3386
LSD (%5)	Y:118.58 B:145.23 HZ:118.58 YxB:205.39 YxHZ:167.70 BxHZ:205.39 YxBxHZ:209.46		

Analiz sonuçları BV üzerine, incelenen tüm faktörler ile bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 4.4).

Çalışmamızda üçlü interaksiyon önemli bulunduğu için en yüksek BV 6603 kg/da ile ikinci yıl sonbaharda hasat edilen *P.hybridum* bitkisinden, en düşük biyokütle verimi ise 1463 kg/da ile ikinci yıl kış mevsiminde hasat edilen *P.virgatum* bitkisinde saptanmış olup, onu istatistiki bakımdan aynı gruba yer alan birinci yıl kış mevsimiden biçilen *P.virgatum* (1665 kg/da) bitkisi izlemiştir.

Çalışmada yıllar arasında bir fark olduğu görülmüştür. İkinci yıla ait biyokütle verimi genel ortalama değerinin (3776 kg/da) birinci yıla (2996 kg/da) oranla daha yüksek olduğu fark edilmiştir. Bunun nedeni olarak denemenin

başlangıç aylarından itibaren, 2019 ve 2020 yılları aylık sıcaklık ortalama değerlerin birbirine çok yakın olmasına karşılık, 2019 yılı aktif büyüme periyodu boyunca kaydedilen toplam yağış miktarının, 2020 yılına göre daha düşük (nispeten düşük nem oranı) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ikinci yıl BV verimini oluşturan verim komponentlerinin (bitki boyu, sap sayısı, vb.) birinci yıldan yüksek olması da, ikinci yıl BV verimini yükseltmiştir. Nitekim, Geren ve Kavut (2015) *Pennisetum hybridum* bitkisi kuru madde veriminin birinci yıl 1.7 t/da, ikinci yıl 3.3 t/da, üçüncü yıl 3.5 t/da ve dördüncü yıl 3.7 t/da olarak arttığını ve yıl etkisinin bitkinin kuru madde veriminde istatistiki olarak önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Tablo 4.4’de görüldüğü gibi sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin biyokütle verimlerinde sırasıyla %25, %35 ve %38 bir azalma saptanmıştır. Çalışmamızın her iki yılında, sonbahar biçimlerinin kış biçimlerine göre daha yüksek BV sağladığı izlenmektedir. Daha önce de açıklandığı gibi, BV’lerinin hasat zamanlarına göre önemli derecede değişkenlik göstermesi çalışmamızın içeriğini oluşturan sıcak iklim buğdaygillerinin kış dönemini dormant bir halde geçirmeleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. İlkbahar ve yaz büyüme periyodunda hem morfolojik hem de fizyolojik olarak aktif bir büyüme sergileyen bu üç farklı genotip kış büyüme periyoduna gelindiğinde soğuk hava şartları nedeniyle doğal olarak geliştirdikleri savunma mekanizmaları ile nem oranlarını azaltıp sürgün uçlarını ve yapraklarını kurutarak bu organların belirli bir miktarda dökülmelerine neden olmakta hatta ölümcül donlar sebebiyle sap kısımları tamamen kuruyabilmekte ki bu da biyokütlerde yaşanan ağırlık kaybını açıklayabilmektedir (El Bassam, 1998; Geren vd., 2011).

Ayrıca çalışmamızın ikinci yılında birinci yıla göre artan biyokütle verimini doğrudan etkileyen sap sayısı özelliğindeki artış ile bağlantılı olup çok yıllık bitkilerin performanslarının tesis ve bakım yılını geçirdikten sonra verimlerini yükseltmeleri ile ilgisi bulunduğu belirtilmektedir (Lewandowski et al., 2003b; Adler et al., 2006).

Araştırmamızda ele alınan buğdaygil cinsleri arasında da BV bakımından önemli farklar saptanmıştır. Yüksek boy, kalın sap ve bol kardeşlenme gösteren DKO bitkisi BV bakımından diğer iki buğdaygili geride bırakırken en yüksek verime ulaşmıştır. Miskantus bitkisi BV bakımından ikinci sırada olurken dallı darı bitkisi ise en düşük biyokütle verimini sağlamıştır. Bu DKO'nun biyokütle verimi açısından daha yüksek bir genetik kapasite barındırdığının örneğidir. Nitekim Nazlı (2017) Çukurova koşullarında Miskantus ortalama KM verimini (1.7 t/da) dallı darı bitkisinin ortalama KM verimine (1.6 t/da) göre daha yüksek bulmuştur.

Enerji bitkileriyle çalışan bir çok araştırmacı, bitki cinsine göre uygulanan hasat zamanının BV üzerine çok değişik etkileri bulunduğunu dile getirmişlerdir. Örneğin, Tansı vd. (2018) tarafından miskantus ve dallı darı bitkilerinde hasat zamanının kış/erken ilkbahar dönemine ertelenmesinin Adana ve Çankırı için sırasıyla Miskantus türünde %12-37 ve %13-17 ve dallı darı türünde %4-19 ve %10-22 oranları arasında verim kayıplarına yol açtığı belirtilmiştir. Bir başka açıdan bakıldığında çalışmanın gerçekleştirildiği her iki lokasyon ve her iki genotip içinde ikinci yıla ait kuru madde verimlerinin birinci yıla ait kuru madde verimlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde yüksek olması bulgularımız ile bir paralellik olduğunu göstermektedir.

Zanetti et al. (2019) tarafından Bolonya ve Katanya lokasyonlarında dallı darı bitkileri sonbahar ve kış, Miskantus bitkileri ise standart olarak kış aylarında hasat edilmişlerdir. Bolonya lokasyonunda sonbaharda hasat edilen dallı darı bitkilerinin kuru madde verimi ortalaması 0.8 t/da iken kışın hasat edilen bitkilerde bu rakam %50 bir artış göstererek 1.2 t/da olarak saptanmıştır. Bolonya lokasyonunda miskantus bitkilerinin kuru madde verimi 1.8 t/da olarak Katanya lokasyonunda ise 0.6 t/da olarak bulunurken bu farkın Bolonya iklim şartlarının daha serin ve yağışlı olması ve ayrıca Katanya bölgesindeki miskantus bitkilerinin 10 yıl daha yaşlı bitkiler olmasından kaynaklandığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Weger et al. (2021) tarafından kış dönemini geçiren *M. x giganteus* ve *M. sinensis* genotiplerinin her iki lokasyon içinde kuru biyokütle verimleri sonbahar (Kasım-Aralık) hasadından ilkbahar (Mart-Nisan) hasadında doğru gidildikçe *M. x giganteus* için 3.1'den 2.4 t/da'a ve *M. sinensis* için 2.4'den

1.6 t/da'a düştüğünü ve bu değişimlerin ağırlıklı olarak abiyotik ve biyotik nedenlerden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir (kar yağışı nedenli bitki yatmaları, hayvansal kaynaklı zararlar, vb.). Clifton-Brown and Lewandowski (2002) tarafından 15 Miskantus genotipinin KM veriminin birinci, ikinci ve üçüncü yılların sonbahar hasadında sırasıyla 0.2, 0.6, 1.7 t/da olduğu ve kış hasadına gelindiğinde bu verimlerin yine sırasıyla %27, %12 ve %23 azaldığı 15 genotip içinde saptanmış olup birinci yıldan üçüncü yıla doğru gidildikçe kuru madde veriminin yıl bazlı arttığı belirtilmiştir.

Amerika'da yapılan dallı darı hasat zamanı çalışmasında kuru madde veriminin 0.5-1.1 t/da aralığında değişim gösterdiği ve kış/erken ilkbahar'da yapılan hasadın sonbahar hasadına göre yaklaşık %17 oranında kuru madde veriminde azalmaya sebep olduğu araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Shinners et al., 2010). Batı Almanya ekolojisinde yapılan bir başka çalışmada kış/erken ilkbahar ve sonbahar olmak üzere iki farklı hasat zamanının Miskantus bitkileri üzerindeki performanslarını incelemiş olup ortalama kuru madde veriminin 1.5-3 t/da aralığında değiştiğini ve kış hasadının kuru madde verimini %31 oranında azalttığını sonuç olarak paylaşmışlardır (Himken et al., 1997). İtalya ve Yunanistan lokasyonlu 16 farklı dallı darı genotipi 5 yıl süre ile hasat edilmiş olup üçüncü büyüme periyodunda maksimum kuru madde verimine ulaşıldığı ve daha sonraki büyüme periyodlarında bu verimin azalmaya geçtiğı ve ortalama kuru madde veriminin 0.2-1.8 t/da arasında değişim gösterdiği ve ayrıca İtalya için 2 t/da olan maksimum verimin Yunanistan'da 1.8 t/da olduğu araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Alexopoulou et al., 2008). Akdeniz iklimi koşullarında yürütölen bu çalışmada da yıllar geçtikçe kuru madde veriminin artması bulgularımız ile uyumludur.

4.5 Kül Oranı

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının ham kül oranına etkilerini gösteren değerler Tablo 4.5’de izlenebilmektedir.

Tablo 4.5. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının ham kül oranına etkisi (%)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	7.96	6.22	7.09
<i>Miscanthus giganteus</i>	6.31	1.65	3.98
<i>Panicum virgatum</i>	6.56	4.38	5.47
Ortalama	6.95	4.08	5.52
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	10.45	7.01	8.73
<i>Miscanthus giganteus</i>	6.38	1.96	4.17
<i>Panicum virgatum</i>	8.08	5.12	6.60
Ortalama	8.30	4.70	6.50
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	9.21	6.62	7.91
<i>Miscanthus giganteus</i>	6.34	1.80	4.07
<i>Panicum virgatum</i>	7.32	4.75	6.04
Ortalama	7.62	4.39	6.01
LSD (%5)	Y:0.33 B:0.41 HZ:0.33 YxB:0.58 YxHZ:0.47 BxHZ:0.58 YxBxHZ:0.60		

Ham kül (HK) oranı verilerine uygulanan istatistiki analiz sonuçları, bu özellik üzerine incelenen tüm faktörlerin ve bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının önemli olduğunu göstermiştir (Tablo 4.5).

Araştırmamızda üçlü interaksiyon önemli olduğundan en yüksek HK oranı %10.45 ile ikinci yıl sonbaharda hasat edilen *P.hybridum* bitkisinden, en düşük HK oranı ise %1.65 ile birinci yıl kış mevsiminde hasat edilen *M. x giganteus* bitkisinde saptanmış olup, onu istatistiki bakımdan aynı gruba yer alan ikinci yıl yine kış mevsiminde hasat edilen ve HK oranı %1.96 olan *M. x giganteus* bitkisi izlemiştir.

Araştırmada deneme yılları arasında bir fark olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl genel ortalama değeri %6.50 olan HK oranının, birinci yıl genel ortalama değeri %5.52 olan HK oranından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda buraya kadar işlenen özellikler biyokütle verimi etkileyen agronomik özelliklerden oluşurken HK oranı parametresi ile biyokütlenin hasatdan sonra bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi ve hasat zamanının kaliteye olan etkisini çalışmamızdaki farklı türler bazında ele alınmıştır. Kullanılacak olan biyokütle ham maddesinin termokimyasal dönüşüm optimizasyonunda kül (minerallerin yanmadan sonra kalan inorganik kalıntısı) içeriğinin azaltılması sürecin iyileştirilmesindeki en önemli faktörlerden birisidir (Tanger et al., 2013) Şöyleki; külün katalitik aktivitesi yanma dinamiğini değiştirmekte ve eğer biyokütlenin kül içeriği azaltılırsa yanma hızı sıcaklığının yükseldiği belirtilmiştir (Fahmi et al., 2007). Biyokütlenin HK içeriğindeki her %1’lik artış ısı değeri yaklaşık 0.2 MJ/kg’lık bir düşüşe yol açmaktadır (Jenkins et al., 1998). Bir başka açıdan mineral maddelerden etkilenen külün kimyası ve yüksek kül oranı yakıt tanklarındaki korozyon, cüruf ve kirliliği doğrudan ve olumsuz bir yönde etkileyebilmektedir (Hague, 1998).

Çalışmamızda HK oranına ait bulgularımızın görselleştirildiği Tablo 4.5 incelendiğinde, sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin HK oranlarında sırasıyla %28, %72 ve %35 bir azalma saptanmıştır. Hasat zamanının ertelenmesi üç temel nedenden dolayı biyoyakıt özelliklerini iyileştirmektedir. Bunlardan birincisi; ilerleyen bitki yaşı ve yapraklarda saplara göre daha fazla bulunan besin elementlerinin ötelenen hasat zamanı ile yaprak biyokütlesinin azalması ve sap oranının artmasından dolayı bitkideki toplam besin konsantrasyonunun azalmasından kaynaklanmaktadır. İkinci temel neden ise kış hasadına kadar geçen sürede çok yıllık sıcak iklim bitkilerinin savunma mekanizmalarını aktif etmeleri ile kış aylarında gelmeden toprak altı bitki kısımlarına besin translokasyonu ve depolamasını tamamlaması ile ilişkilidir. Son neden ise elementlerin var olan bitki örtüsünden yağış kaynaklı süzülmesidir (Christian et al., 2006; Monti et al., 2008). Yukarıda açıklanan durumlar çalışmamızda da geçerli olduğundan sonbahar hasadından kış hasadına doğru gidildikçe kaydedilen HK oranları da düşmüştür.

ABD’de yürütülen bir çalışmada dallı darı bitkilerinin sonbahar hasadından elde edilen ortalama kül oranı %3.42 olurken ilkbahar hasadından elde edilen ortalama kül oranı %2.36’ya düşmüştür (Adler et al., 2006).

Güney Iowa ekolojik koşullarında dallı darı bitkisine ait yapılan başka bir çalışmada (Lemus et al., 2002) ise sonbahar hasadında %5.9 olan kül oranı kış hasadına gelindiğinde %3.8 olarak istatistiki bakımdan da önemli olan bir azalma göstermiştir. Tansı vd. (2018) tarafından hasadın kış/erken ilkbahar dönemine ertelenmesi kül oranlarını Adana lokasyonunda Miskantus için %5.2’den %3.9’a; dallı darı için %5.0’dan %4.3’e, Çankırı lokasyonunda Dallı darı için %5.3’den %4.1’e; miskantus için %8.7’den %6.9’a düşürdüğü saptanmıştır. Lewandowski ve Heinz (2003) tarafından, Güneybatı Almanya ekolojik koşullarında üç farklı lokasyonda yapılan bir çalışmada hasat zamanının sonbahardan kışa ertelenmesinin miskantus bitkilerinin kül oranını %21-74 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Diğer bir bakımdan çalışmamızda farklı genetik yapıları sahip bitkilerin kül oranları arasındaki değerlerin farklı olması diğer ekolojilerde yürülen çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Örneğin; Nazlı (2017) Adana’da dallı darı bitkisinin kül oranını (%4.02) miskantus bitkisinin kül oranından (%3.58) yüksek bulmuştur. Monti et al. (2008) ise Kuzey İtalya’da Miskantus ve dallı darı bitkilerini kış donlarından sonra hasat etmiş ve Miskantus için %1.9 kül oranının dallı darı bitkisi için %2.6 olarak saptamışlardır. Lee vd. (2007) tarafından, ABD’de yürütülen bir başka çalışmada miskantus türünün kül oranı %2 olurken bölge koşullarında dallı darı türünün kül oranı %6 olarak hesaplanmıştır. Kukkonen (2009) ise ABD’de ekolojik koşullarında aynı zamanda hasat edilen dev kralotu ve miskantus bitkilerinin ham kül oranlarının sırasıyla %4.5 ve %2.5 şeklinde değişiklik gösterdiğini belirtmiştir.

Çalışmamızda test edilen bitkiler arasında miskantusun HK oranının minimum çıkması da bu bitkinin en iyi enerji bitkisi olduğu sonucunu bir kez daha doğrulamaktadır.

4.6 N Oranı

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının N oranına etkilerini gösteren değerler Tablo 4.6’da izlenebilmektedir.

Tablo 4.6. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının N oranına etkisi (%)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	0.25	0.13	0.19
<i>Miscanthus giganteus</i>	0.18	0.12	0.15
<i>Panicum virgatum</i>	0.20	0.12	0.16
Ortalama	0.21	0.12	0.17
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	0.34	0.16	0.25
<i>Miscanthus giganteus</i>	0.21	0.11	0.16
<i>Panicum virgatum</i>	0.22	0.13	0.17
Ortalama	0.26	0.13	0.20
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	0.29	0.15	0.22
<i>Miscanthus giganteus</i>	0.20	0.12	0.16
<i>Panicum virgatum</i>	0.21	0.12	0.17
Ortalama	0.23	0.13	0.18
LSD (%5)	Y:0.010 B:0.012 HZ:0.010 YxB:0.017 YxHZ:0.014 BxHZ:0.017 YxBxHZ:ÖD		

Elde edilen değerlerin istatistiki analizleri sonucunda azot oranı üzerine, Y, B, HZ faktörlerinin etkisiyle YxB, YxHZ ve BxHZ interaksiyonları önemli bulunurken, 3’lü interaksiyon önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.6).

YxHZ interaksiyonu incelendiğinde birinci ve ikinci yıl sonbahar hasatlarına ait N oranı ortalamasının (1.yıl: %0.21 ve 2.yıl: %0.26) kış hasatlarına ait N oranı ortalamasından (1.yıl: %0.12 ve 2.yıl: %0.13) daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

YxB interaksiyonuna göre yapılan değerlendirmede; en yüksek N oranı ortalaması %0.25 ile ikinci yıl *Pennisetum hybridum* bitkisinde saptanırken, en düşük N oranı ortalaması ise %0.15 ile birinci yıl hasat edilen *M. giganteus* bitkisinde saptanmış ve onu istatistiki olarak aynı yıl hasat edilen *P. Virgatum* (%0.16) ve yine ikinci yıl hasat edilen *M. giganteus* (%0.16) bitkileri izlemiştir.

BxHZ interaksiyonuna göre yapılan değerlendirmede; en yüksek N oranı ortalaması %0.29 ile sonbahar mevsiminde biçilen *Pennisetum hybridum*, en düşük N oranı ortalaması ise %0.12 oranı ile kış mevsiminde biçilen *M. giganteus* ve *Panicum virgatum* bitkilerinde belirlenmiştir.

Denemede yıllar arasında fark olduğu saptanmıştır. Denemenin ilk yılına ait ortalama N oranı genel ortalama değerinin (%0.17), ikinci yıldan (%0.20) daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda N oranına ait bulgularımız Tablo 4.6’da incelendiğinde, sonbahar hasadından kış hasadına geğişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin azot oranlarında sırasıyla %50, %39 ve %42’lık bir azalma saptanmıştır.

Çalışmamızda HK oranı özelliğinde olduğu gibi N oranı parametresinde de kış hasadına gelindiğinde yaşanan bu azalmanın temel nedenleri tamamı ile aynıdır. HK oranı zellęinde de ağıkladığımız gibi bu gibi bitki türlerinin kış aylarındaki sergiledikleri dormant olma tavırlarının bir yansıması olarak bitki besin maddelerinin rizomlara aktarılması (şekil 4.1), bu maddelerin bitkinin sap kısımlarına göre daha fazla bulunduğu bitki yapraklarının fizyolojik dönemi açısından var olmaması ve bu dönemde etkili olan yağışlar nedeni ile bitki yapısından yıkanarak szlmesi N varlığını sonbahar hasadındaki bitkilerin yapısına oranla azaltmaktadır (Christian et al., 2006).

Bu dönüşüm sürecinde N bakımından, biyokütle enerjisi ham maddesi olarak seçilecek bitki türlerinin kuru maddesinde bulunması gereken maksimum azot oranı %0.6 olarak belirlenmiştir. Bunun en temel nedeni biyoyakıt enerjisi üretimi esnasında ortaya çıkan azot oksit (NO_x) salınımı minimize etmektir.

Araştırmacılar Güney Almanya iklim koşullarında sonbaharda hasat ettikleri Miskantus bitkisinde %0.52 olan N oranı saptarken bu oran kışın hasat ettikleri bitkilerde %0.33 oranına düşmüştür (Lewandowski ve Heinz 2003; Prochnow et al., 2009). Çalışmamıza konu olan dallı darıda ise ABD’de yapılan bir çalışmada sonbahar hasadında tespit edilen ortalama N oranının %0.47’den, erken ilkbahar hasadına gelindiğinde %0.41’e düştüğü tespit edilmiştir (Adler et al., 2006). Dalli darı ile yapılan bir diğer çalışmada, Eylül ayında yapılan hasatlarda bitkilerdeki N oranı %0.35 iken, Nisan ayında yapılan hasatlarda bu oran %0.24’e düşmüştür (Xiong et al., 2008). Subtropikal muson iklimi bölgesinde yer alan Zengcheng/Guangdong’da Li et al. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, bir yaşındaki *Pennisetum hybridum* bitkileri Mart’dan Aralık’a kadar her ay hasat edilmiş ve N oranlarında her ay çok belirgin bir azalma kayıt edilmiştir. Araştırmacılar Mart ayında yaptıkları hasatda bitkinin azot oranını %1.63, Aralık ayında yaptıkları hasatda ise bu oranın %0.54 olduğunu vurgulamışlardır. İklimsel farklılıkları nedeniyle yapılan bazı çalışma sonuçlarının, bulgularımız ile paralellik gösterdiği görülmektedir.

4.7 C ve H Oranı

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının C ve H oranına etkilerini gösteren değerler Tablo 4.7a ve Tablo 4.7b’de izlenebilmektedir.

Tablo 4.7a. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının C oranına etkisi (%)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	37.5	38.1	37.8
<i>Miscanthus giganteus</i>	38.9	40.8	39.9
<i>Panicum virgatum</i>	38.5	39.6	39.1
Ortalama	38.3	39.5	38.9
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	36.7	37.8	37.3
<i>Miscanthus giganteus</i>	39.8	40.9	40.4
<i>Panicum virgatum</i>	37.7	38.5	38.1
Ortalama	38.1	39.1	38.6
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	37.1	38.0	37.5
<i>Miscanthus giganteus</i>	39.4	40.9	40.1
<i>Panicum virgatum</i>	38.1	39.0	38.6
Ortalama	38.2	39.3	38.7
LSD (%5)	Y:0.128 B:0.157 HZ:0.128 YxB:0.222 YxHZ:ÖD BxHZ:0.222 YxBxHZ:0.314		

C oranı verilerine uygulanan istatistiki analiz sonuçları, bu özellik üzerine incelenen YxHZ hariç diğer tüm faktörlerin ve bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının önemli olduğunu göstermiştir (Tablo 4.7a).

Araştırmamızda üçlü interaksiyon önemli olduğundan en yüksek C oranı %40.9 ile ikinci yıl kışın hasat edilen *M.giganteus* bitkisinden ve onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan %40.8 C oranına sahip birinci yıl yine kış mevsiminde hasat edilen *M. giganteus* bitkisi izlemiştir. En düşük C oranı ise %36.7 ile ikinci yıl sonbahar mevsiminde hasat edilen *P.hybridum* bitkisinde saptanmıştır.

Araştırmada deneme yılları arasında bir fark olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl genel ortalama değeri %38.6 olan C oranının, birinci yıl genel ortalama değeri %38.9 olan C oranından daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda C oranına ait bulgularımızın genel olarak değerlendirildiğinde, sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin C oranlarında sırasıyla %2, %4 ve %2’lik bir artış söz konusu olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.7b. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının H oranına etkisi (%)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	6.44	6.55	6.50
<i>Miscanthus giganteus</i>	6.64	6.66	6.65
<i>Panicum virgatum</i>	6.29	6.56	6.42
Ortalama	6.46	6.59	6.52
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	6.27	6.35	6.31
<i>Miscanthus giganteus</i>	6.60	6.65	6.63
<i>Panicum virgatum</i>	6.35	6.47	6.41
Ortalama	6.41	6.49	6.45
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	6.36	6.45	6.41
<i>Miscanthus giganteus</i>	6.62	6.65	6.64
<i>Panicum virgatum</i>	6.32	6.52	6.42
Ortalama	6.43	6.54	6.49
LSD (%5)	Y:ÖD B:0.094 HZ:0.077 YxB:ÖD YxHZ:ÖD BxHZ:ÖD YxBxHZ:ÖD		

Elde edilen değerlerin istatistiki analizleri sonucunda H oranı üzerine sadece B ve HZ faktörlerinin önemli etkisi bulunmuştur (Tablo 4.7b). Çalışmamızda bitki genotipleri arasında maksimum H oranı %6.64 ile *M.giganteus*, rakamsal olarak minimum H oranı ise %6.41 ile *P.hybridum*’da ölçülmüştür. H oranı açısından Kış hasatlarının (%6.54), sonbahar hasatlarından (%6.43) daha olumlu sonuç verdiği de kaydedilmiştir. Denemede yıllar arasında herhangi bir fark tespit edilmemiştir. 2 yıllık ortalama H oranının %6.49 olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda H oranına ait bulgularımız incelendiğinde, sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin H oranlarında sırasıyla %1.5, %0.5 ve %3.1 bir artış olduğu saptanmıştır.

Bilindiği gibi enerji verimi, biyokütle verimi ve onun enerji içeriğinden oluşmaktadır. Biyoyakıt kalitesinin içeriği, fiziksel ve kimyasal özellikler tarafından belirlenir ve tüm termal kullanım sürecini etkiler (Prochnow et al., 2009). İdeal durumda yanma, yakıtın katı organik kısmının CO₂ ve H₂O gazlarına tamamen oksidasyonunu temsil etmektedir. Katı biyoyakıtların anabileşenleri olan ve hücre duvarının biyokimyasal bileşenleri ile doğrudan bir bağı bulunan C ve H yanma sırasında ekzotermik reaksiyonlarla (CO₂ ve H₂O oluşumu) oksitlenir. C ve H'nin içeriği brüt ısı değere pozitif bakımdan katkıda bulunur. Bir başka ifadeyle, biyokütle olarak kullanılan yakıtın C ve H içerikleri yanmayı olumlu yönde etkilemektedir.

H ayrıca su oluşumundan dolayı net ısı değeri de etkilemektedir. Odunsu yakıtların C içeriği (kabuk dahil), otsu biyoyakıtlardan daha yüksektir, bu da odun yakıtlarının biraz daha yüksek olan brüt ısı değerini açıklamaktadır. CO₂, tam yanmanın ana ürünü olarak oluşup, salınmaktadır.

Sürdürülebilir bir kullanım varsayıldığında, biyokütle yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları, sera gazı etkisine göre CO₂-nötr olarak kabul edilmektedir. Tam randıman sağlanamayan bir yanma işlemi karbon monoksit, hidrokarbonlar, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, katran ve kurum gibi yanmamış karbon bazlı kirleticilerin emisyonlarına yol açabilmektedir (Van Loo and Koopejan, 2002; Obernberger et al., 2006).

Xiong et al. (2008) tarafından Kuzey Çin'de, Eylül ve Nisan ayları olmak üzere iki farklı hasat zamanı dallı darı bitkisine uygulamış olup Eylül ayındaki C (%41.3) oranı Nisan ayındaki C (%43.8) oranına göre daha az olurken, Eylül ayındaki H (%6.1) oranı Nisan ayındaki H (%6.0) oranından bir miktar daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Lemus et al. (2002) tarafından Güney Iowa ekolojik koşullarında ise Ekim ayında hasat edilen dallı darı bitkilerinin C oranı %48.5 olurken Ocak ayında hasat edilen bitkilerin C oranı %47.0 oranına düşmüştür. H bakımından Ekim ayında hasat

edilen bitkilerin H oranı %5.1 iken, Ocak ayında hasat edilen bitkilerin H oranı %5.6 ya yükselmiştir.

Parrish et al. (2021) tarafından *M x giganteus*'un Eylül ayında hasat edilen biyokütlesinde C oranı %44.0 olurken Mart ayında yapılan hasatda ise C oranı %45.4'e yükselmiştir. *M. giganteus*'un termogravimetrik analizi ve emisyon özelliklerini inceleyen Jeguirim et al. (2010), bitkinin yapısında %43.7 C ve %5.7 H olduğunu bildirmişlerdir.

Tao et al. (2012), *M. giganteus* bitkisinden C oranının %39.8-50.7, H oranının %4.40-6.30 arasında, *Pennisetum glaucum* bitkisinden C oranının %40.56-43.71, H oranının %5.24-5.85 arasında, *P. virgatum* bitkisinden C oranının %42.10-48.0 ve H oranının %5.30-6.60 arasında değişim gösterdiğini ve *Pennisetum purpureum* bitkisinden ise C oranının %45.20 ve H oranının %6 olduğunu bildirmişlerdir. Li et al. (2015) tarafından yapılan bir *Pennisetum hybridum* bitkilerinde Mart'dan Aralık'a kadar yapılan hasatlarda C oranları sırasıyla; %39.01, %39.60, %40.69, %41.43, %42.34, %41.84, %42.26, %43.09 tespit edilmiştir.

Çalışmamızda bulunan C ve H oranlarının yukarıda ifade edilen sonuçlar ile benzerlik gösterdiği, ancak her bir çalışmada hasadın yapıldığı zaman ve ekolojik koşulların söz konusu bu iki oranın değişim aralığını açıklamaktadır.

4.8 Isıl (Kalorifik) Değer

Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının ısı değerine etkilerini gösteren değerler Tablo 4.8’de izlenebilmektedir.

Tablo 4.8. Bazı çok yıllık buğdaygillerde farklı hasat zamanlarının ısı değerine etkisi (Mj/Kg)

Bitkiler	Birinci yıl		Ortalama
	Hasat Zamanları		
	Sonbahar	Kış	
<i>Pennisetum hybridum</i>	16.29	16.74	16.52
<i>Miscanthus giganteus</i>	17.23	17.96	17.60
<i>Panicum virgatum</i>	16.80	17.39	17.10
Ortalama	16.77	17.36	17.07
	İkinci yıl		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	16.34	16.81	16.57
<i>Miscanthus giganteus</i>	17.19	17.92	17.56
<i>Panicum virgatum</i>	16.98	17.44	17.21
Ortalama	16.83	17.39	17.11
	Ortalama		Ortalama
<i>Pennisetum hybridum</i>	16.32	16.78	16.55
<i>Miscanthus giganteus</i>	17.21	17.94	17.58
<i>Panicum virgatum</i>	16.89	17.42	17.15
Ortalama	16.80	17.38	17.09
LSD (%5)	Y:ÖD B:0.107 HZ:0.087 YxB:ÖD YxHZ:ÖD BxHZ:0.151 YxBxHZ:ÖD		

Varyans analizi sonuçları, ısı değer üzerine BxHZ interaksyonun önemli etkisinin bulunduğunu ortaya koymuştur (Tablo 4.8). Buna göre yapılan değerlendirmede; en yüksek ısı değer ortalaması 17.94 Mj/Kg ile kış mevsiminde biçilen *M. giganteus*, en düşük ısı değer ortalaması 16.32 Mj/Kg ile sonbahar mevsiminde biçilen *Pennisetum hybridum* bitkisinde ölçülmüştür. Denemede yıllar arasında herhangi bir fark tespit edilmemiş, 2 yıllık ortalama ısı değer 17.09 Mj/Kg olarak saptanmıştır.

Isı değerlerimize ilişkin bulgular irdelendiğinde, sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde *P. hybridum*, *M. x giganteus* ve *P. virgatum* bitkilerinin ısı değerlerinde sırasıyla %3, %4 ve %3 bir artış olduğu saptanmıştır. Ayrıca test edilen

bitkiler içinde *M. x giganteus*'un en yüksek ısı değere sahip olduğu da açıkça saptanmıştır.

Enerji bitkisiyle çalışan pek çok araştırmacı; biyokütle türünün enerji ve yakıt bazlı kullanımı düşünüldüğünde tercih edilmelerinin en önemli nedenlerinden birisini kalorifik yani ısı değeri olduğunu açıklamışlardır (Klass, 1998; Nazlı, 2017; Kowalczyk-Ju'sko et al, 2022). Fotosentezin bir sonucu olarak var olan katı bir biyokütlenin yüksek bir kalorifik değere sahip olduğu ve kuru maddesinden elde edilen kalorifik değer 15.5-20 Mj/Kg arasında değişim gösterdiği vurgulanmıştır (Klass, 1998).

Xiong et al. (2008), beş farklı bitki türünü Eylül ve Nisan ayları olmak üzere iki farklı zamanda hasat etmiş ancak bitkilerin ısı değerlerinin hasat zamanından istatistiki olarak etkilenmediğini ve iki farklı zamanda ekilen dallı darı bitkilerinde ortalama ısı değer 16.5 ve 17.42 Mj/kg olduğunu, ayrıca hasat zamanının ilkbahara ertelenmesinin, bitkilerin yakıt kalitesinin geleneksel hasattan (sonbahar) daha iyi olduğunu vurgulamışlardır. Diğer bir açıdan, Zanetti et al. (2019)'un yaptığı bir çalışmada, kış hasatı (17.14 Mj/Kg) yapılan dallı darı bitkilerinin, sonbahar hasadına (15.61 Mj/Kg) göre daha yüksek ısı değere sahip olduğu bildirilmiştir. Sajimin and Purwantari (2019) tarafından, *Pennisetum purpureum* (Taiwan cv.) bitkileri Mart ayında hasat edildiğinde 18.43 Mj/Kg ısı değeri ölçülmüş, Eylül ayında hasat edildiğinde ise bu değerin 17.23 Mj/Kg'a düştüğü tespit edilmiştir.

İrlanda ekolojik koşullarında, *M.giganteus*'da hasat zamanının ertelenmesinin yanma kalitesini geliştireceğini vurgulayan Meehan et al. (2013), bitkileri 3 farklı zamanda hasat etmiş ve yaş biyokütlerdeki enerji değerlerini sırasıyla Ocak:9.52 Mj/Kg, Şubat:10.46 Mj/Kg, Nisan:11.20 Mj/Kg olarak bulmuştur. Diğer yandan, İngiltere ekolojik koşullarında aynı bitki türü üzerinde çalışan Baxter et al. (2014), üç yaşındaki Miskantus bitkilerini 5 farklı zamanda hasat etmiş ve kuru maddelerinde sırasıyla Kasım:19.29 Mj/Kg, Aralık:19.43 Mj/Kg, Şubat:19.48 Mj/Kg, Mart:19.49 ve Nisan:19.54 Mj/Kg miktarlarında ısı değeri tespit ettiklerini ve ayrıca geç Miskantus hasatının yakıt kalitesini yükselttiğini vurgulamışlardır.

Kowalczyk-Ju'sko et al (2022) tarafından Polonya koşullarında yürütülen bir çalışmada, dormant periyoda giren *M. giganteus* bitkileri dört ay hasat edilmiş olup, kuru maddedeki ısı değeri 19.29 Mj/Kg ve ayrıca kurutma işlemi yapılmadan hemen analize alınan örneklerin ısı değeri ise 17.59 Mj/Kg olarak tespit edilmiştir.

Nazlı (2017), dört farklı enerji bitkisinde (*Arundo donax*, *M. giganteus*, *Panicum virgatum*, *Phalaris aquatica*) en yüksek ortalama ısı değeri 17.58 Mj/Kg ile *M. giganteus*, ikinci olarak 17.53 Mj/Kg ile *P.virgatum* bitkisine olduğunu belirtmiştir. Posadas et al. (2020) dört farklı *Pennisetum purpureum* genotipinin olgun dönemlerinde elde edilen biyokütlenin ortalama ısı değerini 15.15 Mj/Kg olarak ifade etmişlerdir.

Çalışmamızda ısı değerlere ilişkin elde edilen bulgularımızın, yukarıda sunulan araştırmacıların sonuçlarıyla farklı olmasının temel nedeni, öncelikle ekolojik (iklim, toprak, vb.) faktörlerin farklı olmasının yanında, bitkisel materyallere uygulanan hasat zamanlarının da değişik olmasına dayandırabiliriz. Ayrıca hasat zamanlarının bitki bünyesinde bulunan ve ısı değeri doğrudan etkileyen HK, N, H, C, vb. içeriklerini değiştirdiği de göz ardı edilmemelidir.

5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir enerji bitkileri tarımında çok yıllık buğdaygillere dayalı uygun bir biyoenerji zincirinin gelişimini desteklemek için biyokütle veriminin yanı sıra hammadde özelliklerinin de titizlikle dikkate alınması gerektiği açık bir şekilde ortadadır. Mevcut iklime dayalı uygun genotiplerin seçilmesi, yönetimlerinin (bitki sıklığı, gübreleme, sulama, vb.) optimizasyonu, hasat ve hasat sonrası işlemlerin başarı ile gerçekleştirilmesi ile verimlilik en üst düzeye çıkarılabilmektedir. Çalışmamıza konu olan üç farklı çok yıllık buğdaygil genotipi (*Pennisetum hybridum*, *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum*) Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Bornova yöre koşullarında iki farklı hasat zamanına (Sonbahar ve Kış) tabi tutularak verim ve kalite performansları incelenmiş, sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Sap (kardeş) sayısı: En yüksek sap sayısı ikinci yıl sonbahar mevsiminde hasat edilen dallı darı bitkisinde, en düşük sap sayısı ise birinci yıl kış mevsiminde hasat edilen devkral otu bitkisinde saptanmıştır. Sonbahar hasadından kış hasadına gelindiğinde tüm bitkilerin sap sayılarında bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Bitki boyu: Maksimum bitki boyu ortalaması sonbaharda hasat edilen devkral otu bitkilerinden, minimum boy ortalaması ise kış mevsiminde hasat edilen dallı darı bitkilerinden elde edilmiş olup, Sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde bitki boylarının kısaldığı belirlenmiştir.

Sap çapı: Hasat zamanı çalışmamıza konu olan bu 3 bitkinin birbirleri arasında bir rekabet yaratmazken, tüm bitkilerin sonbahar hasadındaki sap çapı ortalamaları kış mevsimindeki ortalamalarından daha yüksek olduğu sonuçlarımıza yansımıştır.

Biyokütle verimi: En yüksek biyokütle verim performansı ikinci yıl sonbaharda hasat edilen ve genetik olarak biyokütle hacmi diğer bitkilere göre daha yüksek olan dev kralotu bitkilerinden elde edilirken, en düşük verim ise ikinci yıl kış döneminde hasat edilen dallı darı bitkilerinden elde edilmiştir.

Ayrıca tüm genotipler için çalışmamızın her iki yılında da sonbahar hasadından elde edilen biyokütle verimleri kış hasadına gelindiğinde azalmıştır.

HK oranı: İkinci yıl sonbaharda hasat edilen dev kralotunda HK oranı en yüksek; birinci yıl kışın hasat edilen miskantus bitkilerinde en düşük oran kaydedilmiştir. Ayrıca her iki yılda da sonbahar hasadından elde edilen HK oranı kış hasadına gelindiğinde düşüş göstermiştir.

N oranı: En yüksek N oranı sonbahar mevsiminde biçilen devkral otundan, en düşük N oranı ise kış mevsiminde biçilen Miskantus ve dallıdarı bitkilerinde belirlenmiştir. Tüm bitkilerde N oranı, sonbahar hasadından kış hasadına gidildiğinde önemli seviyede azalmıştır.

C ve H oranı: Maksimum C oranı ikinci yıl kışın hasat edilen Miskantus, minimum C oranı ise birinci yıl sonbahar mevsiminde hasat edilen devkral otu bitkisinde saptanmıştır. H oranı bakımından kış hasatlarının sonbahardan daha üstün olduğu saptanmıştır. Test edilen bitki genotipleri içinde *M.giganteus*'un diğer iki bitkinin önünde yer aldığı da belirlenmiştir.

Isıl Değer: En yüksek ısı değer ortalaması kış mevsiminde biçilen Miskantus, en düşük değer ise sonbahar mevsiminde biçilen devkral otu bitkisinde belirlenmiştir. Kış hasadının sonbahar hasadına göre daha yüksek seviyede ısı değer verdiği de tespit edilmiştir.

Çalışmamızın sonucunda; sürdürülebilir enerji bitkileri tarımı için bitki seçiminin önemli bir husus olduğu söylenebilir. Zira seçilecek bitkinin o yörenin iklim koşullarına uyum sağlaması ve yıllarca amacına hizmet etmesi beklenmektedir. Bu konudaki ana kriterler, bitkinin birim alandaki verimi ile sahip olduğu ısı değeridir. Olaya bu açıdan yaklaşıldığında, birim ısı değeri her ne kadar *M.giganteus* veya *P.virgatum* kadar olmasa da, *P.hybridum*'un verim bakımından öne geçtiği, bu nedenle “birim alan ısı verimliliğinin” yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kurutma giderlerini ve kül oranını azaltması, bitki kalıcılığı bakımından daha uzun süre hizmet verebilmesi nedeniyle kış hasadının tercih edilmesi önerilmektedir.

Sürdürülebilir enerji bitkileri tarımında verim ile kalitenin optimizasyonunu sağlayabilmek amacıyla mevcut ve gelecekteki iklim değışikliklerine karşı daha dayanıklı olan genetik kaynaklara ve onların yönetim faaliyetlerine odaklanması gerektiğı de unutulmamalıdır. Buna ek olarak, dünyada ve ülkemizde artan nüfusun beslenmesi için yeni tarım alanlarının devreye alınma olanaklarının bulunmaması, mevcut tarım alanlarının en iyi şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Fakat böyle bir durumun, “tarım alanlarımızın insan beslenmesi için mi, yoksa enerji üretimi için mi kullanılması daha doğru olacaktır” sorusuna cevap ve çözüm üretilebilecek yapıda olmadığı da bir gerçektir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adler, P.R., Sanderson, M.A., Boateng, A.A., Weimer, P.J. and Jung, H.G.,** 2006, Biomass yield and biofuel quality of switchgrass harvested in fall or spring, *Agronomy Journal*, 98(6):1518-1525 pp.
- Alexopoulou, E., Sharma, N., Papatheohari, Y., Christou, M., Piscioneri, I., Panoutsou, C. and Pignatelli, V.,** 2008, Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region, *Biomass and Bioenergy*, 32, 926 – 933 pp.
- Alexopoulou, E., Zanetti, F., Papazoglou, E.G, Iordanoglou, K. and Monti, A.,** 2020, Long-term productivity of thirteen lowland and upland Switchgrass ecotypes in the mediterranean region, *Agronomy*, 10:923 pp.
- Angelini, G.L., Ceccarini, L. and Bonari, E.,** 2005, Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices, *European Journal of Agronomy*, 22:375–89 pp.
- ASTM,** 2010, ASTM D5373-10, Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis Samples of Coal and Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM,** 2013, ASTM D5865-13, Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Baxter, X.C., Darvell, L.I., Jones, J.M., Barraclough, T., Yates, N.E. and Shield, I.,** 2014, Miscanthus combustion properties and variations with Miscanthus agronomy, *Fuel*, 117: 851–869 pp.
- Bouton, J.H.,** 2007, Molecular breeding of switchgrass for use as a biofuel crop, *Current Opinion in Genetics & Development*, 17(6):553-558 pp.
- Brown, R.C.,** 2003, Biorenewable Resources, Engineering new Products From Agriculture, Iowa State Press, 66p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bush, P.V., Smith, H.A., Bransby, D.I. and Boylan, D.M.,** 2001, Evaluation of switchgrass as a co-firing fuel in the Southeast, Research Project (No. DE-FC36-98GO10349), 57p.
- Christian, D.G., Riche, A.B. and Yates, N.E.,** 2002, The yield and composition of switchgrass and coastal panic grass grown as a biofuel in Southern England. *Bioresource Technology*, 83:115-124 pp.
- Christian, D.G., Riche, A.B. and Yates, N.E.,** 2008, Growth, yield and mineral content of *Miscanthus x giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvest, *Industrial Crops & Products*, 28:237-327 pp.
- Christian, D.G., Yates, N.E. and Riche, A.B.,** 2006, The effect of harvest date on the yield and mineral content of *Phalaris arundinacea* L. (reed canary grass) genotypes screened for their potential as energy crops in southern England, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1181–1188 pp.
- Clifton-Brown, J.C. and Lewandowski, I.,** 2002, Screening miscanthus genotypes in field trials to optimize biomass yield and quality in Southern Germany. *European Journal of Agronomy*, 16:97–110 pp.
- Clifton-Brown, J.C., Lewandowski, I., Andersson, B., Basch, G., Christian, D.G., Kjeldsen, J.B., Jørgensen, U., Mortensen, J.V., Riche, A.B., Schwarz, K., Tayebi, K. and Teixeira, F.,** 2001, Performance of 15 *Miscanthus* genotypes at five sites in Europe, *Agronomy Journal*, 93:1013-1019 pp.
- Clifton-Brown, J., Stampel, P. and Jones, M.,** 2004, *Miscanthus* biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions, *Global Change Biology*, 10: 509-518 pp.
- Çağan, E. ve İşikten, S.,** 2019, Bingöl ili ekolojik koşullarında bazı silajlık mısır çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1):39-49 ss.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Daraban, A.E., Jurcoane Ş., Voicea, I. and Voicu, G.,** 2015, *Miscanthus giganteus* biomass for sustainable energy in small scale heating systems, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6:538-544 pp.
- El Bassam, N.,** 1998, *Energy Plant Species, Their Use and Impact on Environment and Development*, James & James Ltd UK, 321p.
- Eloy, C., Fournier, M., Lacointe, A. and Moulia, B,** 2017, Wind loads and competition for light sculpt trees into self-similar structures, *Nature Communications*, 8:1014 pp.
- Fahmi, R., Bridgwater, A.V., Darvell, L.I., Jones, J.M., Yates, N., Thain, S. and Donnison, I.S.,** 2007, The effect of alkali metals on combustion and pyrolysis of *Lolium* and *Festuca* grasses, switchgrass and willow, *Fuel* 86, 1560–1569 pp.
- Faix, O., Meier, D. and Beinhoff, O.,** 1988, Analysis of lignocelluloses and lignins from *Arundo donax* L., *Miscanthus sinensis* Anderss and hidroliquefaction of *Miscanthus*, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Institute for Wood Chemistry and Chemical Technology of Wood, Hamburg.
- Geren, H.,** 2017, Enerji Bitkileri Tarımı, İzmir Bölgesi Enerji Forumu, EMO Yayın No: GY/2017/676, S: 144-150s.
- Geren, H., Kavut, Y.T. ve Avcıoğlu, R.,** 2011, Akdeniz iklim koşullarında filotu (*Miscanthus x giganteus*)’nun verim ve verim özellikleri ile silolanabilirliği üzerinde bir ön araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3): 203-209 ss.
- Geren, H. and Kavut, Y.T.,** 2015, Effect of different plant densities on the yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 20(1):85-91 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Geren, H., Kavut, Y.T. ve 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, 285-292s.
- Geren, H., Kavut, Y.T. and Unlu, H.B.,** 2020, Effect of different cutting intervals on the forage yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under Mediterranean climatic conditions, *Turkish Journal of Field Crops*, 25(1):1-8 pp.
- Geren, H. and Yaman, M.,** 2016, Effect of different N and P levels on the forage yield and some yield characteristics of *Pennisetum hybridum*, EGF 2016, 26th General Meeting, Trondheim-NORWAY, 21:448-450 pp.
- Gibson, L.J., Ashby, M.F. and Easterling, K. E.,** 1988, Structure and mechanics of the iris leaf, *Journal of Materials Science*, 23:3041-3048 pp.
- Gönülal, E. ve Soylu, S.,** 2021, Yağışa bağlı kuru şartlarda dallı darı (*Panicum virgatum*) çeşitlerinin 4. ve 5. yıllardaki biyokütle verimi ve diğer tarımsal özelliklerinin belirlenmesi, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(3): 570-578 ss.
- Güyagüler, T.,** 2002, Türkiye'de meydana gelen grizu patlamalarının irdelenmesi ve önlem önerileri, Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 29-31 Mayıs 2002, Zonguldak, Türkiye, 45-51 s.
- Hague, R.A.,** 1998, The pre-treatment and pyrolysing of biomass for the production of liquids for fuel and speciality chemicals. PhD thesis, Aston University, 35–90 p.
- Haines, S.A.,** 2011, Nitrogen and phosphorus fertilizer effects on establishment of *Miscanthus × giganteus* in North Carolina. MSc Thesis, North Carolina State University, 118p.
- Hanna, W.W., Gaines, T.P., Gonzales, B. and Monson., W.G.,** 1984, Effects of ploid on yield and quality of pearl millet x Napier grass hybrids, *Agronomy Journal*, 76:669-971 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hayes, D.J.M.**, 2013, Mass and compositional changes, relevant to biorefining, in *Miscanthus x giganteus* plants over the harvest window, *Bioresource Technology*, 142:591-602 pp.
- Heaton, E., Dohleman, F. and Long, S.**, 2008, Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*, *Global Change Biology*, 14: 2000-2014 pp.
- Himken, M., Lammel, J., Neukirchen, D., Czypionka-Krause, U. and Olf, H.W.**, 1997, Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization, *Plant and soil*, 189:117-126 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, 2021, Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. 41 p.
- Iqbal, Y., Kiesel, A., Wagner, M., Nunn, C., Kalinina, O., Hastings, AFSJ., Clifton-Brown, J.C. and Lewandowski, I.**, 2017, Harvest time optimization for combustion quality of different *Miscanthus* genotypes across Europe. *Frontiers in Plant Science*, 8:727 p.
- Jeguirim, M., Dorge, S. and Trouvé, G.**, 2010, Thermogravimetric analysis and emission characteristics of two energy crops in air atmosphere: *Arundo donax* and *Miscanthus giganteus*, *Bioresour Technology*, 101(2):788–93 pp.
- Jenkins, B., Baxter, L.L. and Miles, T.R.**, 1998, Combustion properties of biomass, *Fuel Processing Technology*, 54:17-46 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kamwean, P., Chaisan, T., Thobunluepop, P., Phumichai, C. and Bredemeier, M.,** 2017, Changing of morphological characteristic and biomass properties in *Pennisetum purpureum* by colchicine treatment, *Journal of Agronomy*, 16:23-31 pp.
- Karp, A. and Halford N.,** 2011, Chapter 1: Energy Crops: Introduction, RSC Energy and Environment Series No. 3, Published by the Royal Society of Chemistry, 1-12 pp.
- Kaya, S., Aydın, G. ve Karakurt, İ.,** 2019, Fosil enerji kaynaklarının çevresel etkileri, Türkiye 26. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 16-19 Nisan 2019, Antalya, Türkiye, 1523-1529 s.
- Kesen, Z. ve Geren, H.,** 2020, Farklı Biçim Sıklıklarının Dallıdarı (*Panicum virgatum*)’da Ot Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (1):95-103 s.
- Klass, D.L.,** 1998, Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals, Academic Press, San Diego, 651 p.
- Kowalczyk-Ju’sko, A., Mazur, A., Pochwatka, P., Janczak, D. and Dach, J.,** 2022, Evaluation of the effects of using the Giant Miscanthus (*Miscanthus x Giganteus*) biomass in various energy conversion processes, *Energies*, 15: 3486 p.
- Kukkonen, C.,** 2009, Giant king grass, an energy crop for cellulosic biofuels & electric power plants, Viaspace Inc. Irvine, California USA.
- Lafferty, J. and Lelley, T.,** 1994, Cytogenetic studies of different *Miscanthus* species with potential for agricultural use, *Plant Breeding*, 113: 246-249 pp.
- Lee, D., Owens, V.N., Boe, A. and Jerenyama P.,** 2007, Composition of herbaceous biomass feedstocks. North Central Sun Grant Center, South Dakota State University.
- Lee, M.S., Wycislo, A., Guo, J., Lee, D.K. and Voigt, T.,** 2017, Nitrogen fertilization effects on biomass production and yield components of *Miscanthus x giganteus*, *Frontiers in Plant Science*, 8:544 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lemus, R., Brummer, E.C., Moore, K.J., Molstad, N.E., Burras, C.L. and Barker, M.F.**, 2002, Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA, *Biomass and Bioenergy*, 23:433-442 pp.
- Lewandowski, I. and Heinz, A.**, 2003, Delayed harvest of miscanthus-influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production, *European Journal of Agronomy*, 19:45-63 pp.
- Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Scurlock, J.M.O. and Husiman, W.**, 2000, Miscanthus. European experience with a novel energy crop, *Biomass Bioenerg*, 19:209–227 pp.
- Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Andersson, B., Basch, G., Christian, D.G., Jorgensen, U., Jones, M.B., Riche, A.B., Schwarz, K.U., Tayebi, K. and Teixeira, F.**, 2003a, Environment and harvest time affects the combustion qualities of Miscanthus genotypes, *Agronomy Journal*, 95:1274-1280 pp.
- Lewandowski, I., Scurlock, J.M.O., Lindvall, E. and Christou, M.**, 2003b, The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe, *Biomass and Bioenergy*, 25:335-361 pp.
- Li, L., Sun, Y., Yuan, Z., Kong, X. and Wang, Y.**, 2015, Influence of Harvest Period and Frequency on Methane Yield of *Pennisetum Hybrids*, *Journal of Energy Engineering*, Volume 142, Issue 3.
- Lu, K., Kaeppler, S.M., Vogel, K.P., Arumuganathan, K. and Lee, D.J.**, 1998, Nuclear DNA Content and Chromosome Numbers in Switchgrass, *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences*, 8(2): 269-280 pp.
- Meehan, P.G., Finnan, J.M. and Mc donnell, K.P.**, 2013, The effect of harvest date and harvest method on the combustion characteristics of *Miscanthus x giganteus*, *GCB Bioenergy*, 5:487–496 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- MGM.**, 2021, İzmir-Bornova meteoroloji istasyonu aylık rasat verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Miles, T.R., Miles, J.T.R., Baxter, L.L., Bryers, R.W., Jenkins, B.M. and Oden, L.L.**, 1995, Alkali deposits found in biomass power plants. A preliminary investigation of their extent and nature. Report of the National Renewable Energy Laboratory (NREL/TZ-2-11226-1; TP-433-8142), Golden, CO, USA.
- Monti, A., Virgilio, N.D. and Venturi, G.**, 2008, Mineral composition and ash content of six major energy crops, *Biomass and bioenergy*, 32:216-223 pp.
- Moser, L.E. and Vogel, K.P.**, 1995, Switchgrass, Big Bluestem, and Indiangrass. In: Barnes, R.F., Miller, D.A. and Nelson, C.J. (eds), An Introduction to Grassland Agriculture. Forages, 5th edn, vol. I, Iowa State University Press, Ames, 409-420 pp.
- Moilanen, A.**, 2006, Thermogravimetric characterisations of biomass and waste for gasification processes. VTT Technical Research Centre of Finland. Publications No 607; 103 p.
- Mos, M., Robson, P.R.H., Buckby, S., Hastings, A.F., Helios, W., Jama-Rodze'nska, A., Kotecki, A., Kalembasa, D., Kalembasa, S., Kozak, M., Chmura, K., Serafin-Andrzejewska, M. and Clifton-Brown, J.**, 2021, Seasonal dynamics of dry matter accumulation and nutrients in a mature *Miscanthus x giganteus* stand in the lower Silesia Region of Poland, *Agronomy*, 11, 1679 p.
- Nazlı, R.İ.**, 2017, Akdeniz İklim Koşullarında Bazı Çok Yıllık Buğdaygillerin (Miskantus, Dallı Darı, Kargı Kamışı, Yumrulu Yem Kanyaşı) Enerji Bitkisi Olarak Kullanım Olanakları, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 339s.
- Obernberger, I., Brunner, T. and Bärnthaler, G.**, 2006, Chemical properties of solid biofuels – significance and impact, *Biomass and Bioenergy*, 30: 973–982 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özdoğan, T. ve Geren, H.,** 2019, Enerji bitkisi olarak kullanılan filotu (*Miscanthus x giganteus*)’nda farklı azot seviyelerinin biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkisi üzerine bir ön araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2):257-262 s.
- Parrish, A.S., Lee, M.S., Voigt, T.B. and Lee, D.K.,** 2021, *Miscanthus x giganteus* responses to nitrogen fertilization and harvest timing in Illinois, USA, *BioEnergy Research*, 14:1126-1135 pp.
- Posadas, R.C., Magbanua, J.L.C. and Ocreto, S.P.,** 2020, Estimating the heating values of Napier Grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) and Wild Sugarcane (*Sacharrum spontaneum* L.) biomass using proximate composition, *The Journal of the Kapisanang Kimikang Pilipinas*, 31(2):34-45 pp.
- Prochnow, A., Heiermann, M., Plöchl, M., Amon, T. and Hobbs, P.J.,** 2009, Bioenergy from permanent grassland—A review: 2. Combustion, *Bioresource Technology*, 100:4945-4954 pp.
- Przygocka-Cyna, K., Barló, P., Spizewski, T. and Grzebisz, W.,** 2021, Bio-fertilizers based on digestate and biomass ash as an alternative to commercial fertilizers-the case of tomato, *Agronomy*, 11(1716):1-19 pp.
- Rakhmetova, S.O., Vergun, O.M., Kulyk, M.I., Blume, R.Y., Bondarchuk, O.P., Blume, Y.B. and Rakhmetov, D.B.,** 2020, Efficiency of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivation in the Ukrainian forest-steppe zone and development of its new lines, *The Open Agriculture Journal*, 14, 273-289 pp.
- REN21 (Renewables 2021),** 2021, Global status report, 371 p.
- Saberrezaei, M.,** 2021, Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)’nda farklı biçim yüksekliği ve azot seviyelerinin yem verimi ve kalitesine etkisi, Ege Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bornova-İzmir (Doktora Tezi), 62s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sajimin, S. and Purwantari, N.D.**, 2019, Evaluation performance of three *Pennisetum* genus grown on pines forest in lembang, west java, *Pastura: Journal of Tropical Forage Science*, 8(2):97-100 pp.
- Salazar-Zeledón, E., Moya, R. and Valaert, J.**, 2015, Biomass and Bioenergy Production of *Arundo donax* L., *Pennisetum purpureum* Schum. and *Pennisetum purpureum* Schumack. x *Pennisetum glaucum* L. in Short Rotation Cropping System in Costa Rica, *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 9:1-8 pp.
- Shinners, K.J., Boettcher, G.C., Muck, R.E., Weimer, P.J. and Casler., M.D.**, 2010, Harvest and storage of two perennial grasses as biomass feedstocks, *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 53:359-370 pp.
- Silva, F.C, Cruz, N.C., Tarelho, L.A.C. and Rodrigues, S.N.**, 2019, Use of biomass ash-based materials as soil fertilisers: Critical review of the existing regulatory framework, *Journal of Cleaner Production*, 214:112-124 pp.
- Smith, R. and Slater, F.M.**, 2011, Mobilization of minerals and moisture loss during senescence of the energy crops *Miscanthus x giganteus*, *Arundo donax* and *Phalaris arundinacea* in Wales, UK. *GCB Bioenergy*, 3:148-157 pp.
- Stewart, C.E., Follett, R.F., Pruessner, E.G. Varvel, G.E., Vogel, K.P. and Mitchell, R.B.**, 2016, N fertilizer and harvest impacts on bioenergy crop contributions to SOC, *Global Change Biology Bioenergy*, 8:1201-1211 pp.
- Tanger, P., Field, J.L., Jahn, C.E., DeFoort M.W. and Leach, J.E.**, 2013, Biomass for thermochemical conversion: targets and challenges, *Frontiers in Plant Science*, 4:218 p.
- Tansı, V., Öztürk., H.H., Budak, D.B. ve Kuşvuran, A.**, 2018, Çukurova bölgesi ve orta Kızılırmak havzası koşullarında bazı çok yıllık serin mevsim ve sıcak mevsim buğdaygillerinin enerji bitkisi performanslarının belirlenmesi. Proje No: 113O946, Adana, 189 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tao, Guangcan., Lestander, T.A., Geladi, P. and Xiong, S.,** 2012, Biomass properties in association with plant species and assortments I: A synthesis based on literature data of energy properties, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,16:3481– 3506 pp.
- Van Loo, S. and Koppejan, J.,** 2002, Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, Routledge, London, 464 p.
- Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L.K. and Vassileva, C.G.,** 2010, An overview of the chemical composition of biomass, *Fuel*, 89:913-933 pp.
- Yurtsever, N.,** 1984, Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araş. Enstitüsü Yayınları No:121, Ankara.
- Yüksel, İ., Sandalcı, M., Çeribaşı, G. ve Yüksek, Ö.,** 2011, Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkileri, 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 21-23 Kasım 2011, Trabzon, Türkiye, 51-58 s.
- Zanetti, F., Scordia, D., Calcagno, S., Acciai, M., Grasso, A., Cosentino, S.L. and Monti, A.,** 2019, Trade-off between harvest date and lignocellulosic crop choice for advanced biofuel production in the Mediterranean area, *Industrial Crops & Products*, 138: 111439 pp.
- Zub, H.W., Arnoult, S. and Brancourt-Hulmel, M,** 2011, Key traits for biomass production identified in different Miscanthus species at two harvest dates, *Biomass Bioenergy*, 35:637–651 pp.
- Waramit, N., Moore, K.J. and Heggenstaller, A.H.,** 2011, Composition of Native Warm-Season Grasses for Bioenergy Production in Response to Nitrogen Fertilization Rate and Harvest Date, *Agronomy Journal*, 103:655-662 pp.
- Weger, J., Knápek, J., Bubeník, J., Vávrová, K. and Stražil, Z.,** 2021, Can Miscanthus fulfill its expectations as an energy biomass source in the current conditions of the Czech Republic?-Potentials and Barriers, *Agriculture*,11, 40 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Williams, T. and Auer, C.,** 2014, Ploidy Number for *Panicum virgatum* (switchgrass) from the Long Island Sound Coastal Lowland compared to Upland and Lowland Cultivars, *Plant Science Articles*, 27:1-14 pp.
- Wilson, D.M., Dalluge, D.L., Rover, M., Heaton, E.A and Brown, R.C.,** 2013, Crop management impacts biofuel quality: influence of switchgrass harvest time on yield, nitrogen and ash of fast pyrolysis products. *BioEnergy Research*, 6:103–113 pp.
- Xiong, S., Zhang, Q., Zhang, D. and Olsson, R.,** 2008, Influence of harvest time on fuel characteristics of five potential energy crops in northern China, *Bioresource Technology*, 99:479-485 pp.

TEŞEKKÜR

Üniversite eğitim hayatımın her döneminde beni her konuda destekleyen ve hayatımdaki yol göstericiliği ile bana çok katkıda bulunan tez danışmanın **Prof. Dr. Hakan GEREN**'e, çalışmalarına destek olan Ege Üniversitesi Biyokütle Enerji Sistemleri ve Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne, her anlamda yanımda olan ve beni yalnız bırakmayan eşim **Anıl ÇAVDAR**'a ve beni bu günlere getiren ve her zaman destekleyen babam **Ayhan ÖZDOĞAN** ve annem **Lütfiye ÖZDOĞAN**'a ve ayrıca tez çalışmamı yürütürken benden desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

12 / 01 / 2023

Tuğçe ÖZDOĞAN ÇAVDAR

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe ÖZDOĞAN ÇAVDAR, 2010-2014 yılları arasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nde Anadal ve Bitki Koruma Bölümü'nde Yandal olarak lisans eğitimini tamamlamıştır. İki yıl özel sektörde çalışmasının ardından 2016 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde Yüksek Lisansına başlamış ve tez döneminde Almanya Bonn Üniversitesinde bulunup 2018 yılında Yüksek lisansını tamamlamıştır. 2018 yılında aynı bölümde Doktorasına başlayan ÇAVDAR, özel sektörde iş yaşamına devam etmekte olup evli ve İzmir ilinde yaşamaktadır.

Yazara ait Akademik Yayınlar, Konferanslar ve Sempozyumlar;

Özdoğan Çavdar, T., Tepecik, M., Geren, H., 2021, Erken gelişme döneminde uygulanan kısıtlı suyun Çayır Düğmesi (*Poterium sanguisorba*)'nde verim ve bazı verim özelliklerine etkisi üzerine bir ön araştırma, *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(2): 362-371 pp.

Özdoğan Çavdar, T., Yıldız, H., Çevik, Ö., and Geren, H., 2021, A preliminary study on the effect of different nitrogen levels on the grain yield and some agronomical components of triticale (*x Triticosecale Wittmack*). 3rd International Conference on Food, Agriculture and Veterinary, İzmir, Türkiye, 19 - 20 June 2021, 912-917 pp.

Özdoğan Çavdar, T., Akçay, D.A., and Geren, H., 2021, Potential growth and herbage productivity of common burnet (*Poterium sanguisorba*) as affected by nitrogen fertilization, XII International Agriculture Symposium "Agrosym 2021" Bosna Hersek, Oral Presentation, Full Text, 365-369 pp.

Geren, H., **Özdoğan Çavdar, T.**, Şen, Z., and Kuktaş, A.S., 2021, Role of different phosphorus levels on the seed yield and some yield components of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.), XII International Agriculture Symposium "Agrosym 2021" Bosna Hersek, Oral Presentation, Full Text, 335-339 pp.

Özdoğan Çavdar, T., Çam E., and Geren H., 2021, The influence of nitrogen on the grain yield and some agronomic characteristics of sweet sorghum

(*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*), XII International Agriculture Symposium "Agrosym 2021" Bosna Hersek, Oral Presentation, Full Text, 360-364 pp.

Geren, H., **Özdoğan Çavdar, T.**, Simic, A., and Dzeletovic, Z., 2020, Effect of different sowing dates on the grain yield and some yield characteristics of teff [*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter], *Turkish Journal Of Field Crops*, vol.25, no.2, 107-113 pp.

Özdoğan Çavdar, T., Geren, H., Simic, A., and Dzeletovic, Z., 2020. A preliminary study on the effect of different phosphorus levels on the grain yield and some yield characteristics of horse bean (*Vicia faba* var. *minor*). XI International Agriculture Symposium "Agrosym 2020" Virtual Conference , (Sarajevo, Bosnia And Herzegovina), 208-212 pp.

Özdoğan Çavdar, T., Geren, H., Çam, E. and Dzeletovic, Z., "Performance of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*) affected by nitrogen management in sustainable forage crops cultivation," XI International Agriculture Symposium "Agrosym 2020" Virtual Conference , Sarajevo, Bosnia And Herzegovina, pp.213-217, 2020.

Özdoğan, T. and Geren, H., 2020, A preliminary study on the effect of different phosphorus levels on the forage yield and some yield characteristics of narbon vetch (*Vicia narbonensis* L.), International Aegean Symposiums on Innovation Technologies & Engineering, 15-16 February 2020, Izmir-Turkey, p:134-137.

Özdoğan, T. and Geren, H., 2020, A preliminary study on the effect of different phosphorus levels on the forage yield and some yield characteristics of horse bean (*Vicia faba* var. *minor*), International Aegean Symposiums on Innovation Technologies & Engineering, 15-16 February 2020, Izmir-Turkey, p:130-133.

Geren, H., Simić, A., **Özdoğan Çavdar, T.**, and Öncel, M. N. , (2020). A preliminary study on the effect of different nitrogen levels on the yield and some yield characteristics of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *rapacea*) . XI International Agriculture Symposium "Agrosym 2020" Virtual Conference (pp.203-207). Sarajevo, Bosnia And Herzegovina.

- Geren, H., A.Simić, İ.Güner and **T.Özdoğan**, 2019, Effect of different cutting heights on forage yield and some nutritional values of miscanthus (*Miscanthus x giganteus*), 3rd International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences (ICAFOP), 16-18 April 2019, Trabzon, Turkey, p:56-61
- Özdoğan,T.** ve H.Geren, 2019, Enerji bitkisi olarak kullanılan filotu (*Miscanthus x giganteus*)’nda farklı azot seviyelerinin biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkisi üzerine bir ön araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2): 257-262.
- Özdoğan,T.** and H.Geren, 2019, A Preliminary study on the effect of different nitrogen levels on the biomass yield and some yield characteristics of elephantgrass (*Miscanthus x giganteus*) used as an energy crops, 3rd International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences (ICAFOP), 16-18 April 2019, Trabzon, Turkey, p:80-84.
- Özdoğan,T.**, H.Geren and E.Çeken, 2019, Effect of different phosphorus levels on the forage yield and some yield characteristics of pea (*Pisum sativum* L.), 3rd International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences (ICAFOP), 16-18 April 2019, Trabzon, Turkey, p:85-89.
- Özdoğan, T.**, 2018, Enerji bitkisi olarak kullanılan filotu (*Miscanthus x giganteus*)’nda farklı azot seviyelerinin biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkisi üzerine bir ön araştırma, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 41s.
- Özdoğan, T.**, H.Geren and E.Çeken, 2018, Effect of different phosphorus levels on the forage yield and some yield characteristics of pea (*Pisum sativum* L.), International Symposium Ecology 2018, 19-23 June 2018, Kastamonu, (Oral presentation), Book of Abstracts, p:249.
- Geren, H., B.Kir, Y.T.Kavut and **T.Özdoğan**, 2018, Effect of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of teff (*Eragrostis tef*) grass, First International Conference on Advances in Plant Sciences (ICAPS18), 25-27 April 2018, Sarajevo, (Oral presentation), Book of Abstracts, p:28.

Geren, H., A.Simić, **T.Özdoğan** and I.Krga, 2017, A preliminary study on the effect of different irrigation regimes and potassium levels on the grain yield and some yield characteristics of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench var. *saccharatum*), 28th International Scientific- Expert Conference of Agriculture and Food Industry, Sarajevo, 27-29 September 2017, (Oral presentation), Book of Abstracts, p:100.

