

## Sürdürülebilir Enerji Bitkileri Tarımında Bazı Çok Yıllık Buğdaygillerin Performansları

Tuğçe ÖZDOĞAN ÇAVDAR<sup>1\*</sup>, Hakan GEREN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir

\*Sorumlu Yazar (Corresponding author): tugceozdogan1905@hotmail.com

### Özet

Bu çalışma, dünyada sürdürülebilir enerji bitkileri tarımında yoğun olarak kullanılan dev kral otu (*Pennisetum hybridum*), fil otu (*Miscanthus x giganteus*) ve dallı darı (*Panicum virgatum*) bitkilerinde farklı hasat zamanlarının biyokütle verimi ve kalitesine etkisini ortaya çıkarmak amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, Kasım 2019 ve Şubat 2021 tarihleri arasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülen denemede üç farklı buğdaygil genotipi ve iki değişik hasat zamanı (sonbahar ve kış) değerlendirilmiştir. Çalışmada sap sayısı, bitki boyu, sap çapı, biyokütle verimi ve kül oranı gibi bazı özellikler incelenmiştir. En yüksek biyokütle verimi sonbaharda hasat edilen dev kral otu bitkisinden elde edilirken, en düşük kül oranı ise kış mevsiminde hasat edilen fil otu bitkisinden elde edilmiştir.

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 01.10.2022

Kabul Tarihi : 15.12.2022

### Anahtar Kelimeler

Enerji bitkileri  
hasat zamanı  
biyokütle verimi  
kül oranı

## Performances of Some Perennial Grasses in Sustainable Energy Crops Cultivation

### Abstract

This study was conducted to bring out the effects of different harvest times on biomass yield and quality in giant king grass (*Pennisetum hybridum*), elephant grass (*Miscanthus x giganteus*) and switch grass (*Panicum virgatum*) plants, which are used extensively in sustainable energy crops cultivation in the world. The research was carried out in the experimental area of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ege University between November 2019 and February 2021. Three different grass genotypes and two harvest dates (autumn and winter) were evaluated which was carried out in three replications according to the completely randomized block design. Some parameters were evaluated in the study such as number of tillers, plant height, stem diameter, biomass yield and ash content. While the highest biomass yield was obtained from the giant king grass plant harvested in autumn, the lowest ash content was obtained from the miscanthus plant harvested in winter.

### Research Article

### Article History

Received : 01.10.2022

Accepted : 15.12.2022

### Keywords

Energy crops  
harvest date  
biomass yield  
ash content

## 1.Giriş

Artan dünya nüfusu ile 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 ve ark., 2019). 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. Biyoenerji üretiminin temelinde doğrudan katı yakıt elde etmek amacıyla organik maddelerden elde edilen biyokütle 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 ve Halford, 2011). Enerji bitkileri, farklı ekolojik koşullarda yetişebilen çevre dostu, yenilenebilir ve enerji kaynaklarıdır (Kökten ve Özdemir, 2022).

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. 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 ve ark., 2003; Shinnars ve ark., 2010; Smith ve Slater, 2011). Enerji tarımı amaçlı yapılan çalışmalarda yukarıdaki özelliklere sahip olan üç farklı çok yıllık buğdaygil bitki türü dikkati çekmektedir. Dev kral otu, fil otu (miskantus) ve dallı darı olarak adlandırılan bu bitkiler dallı darı hariç tropik kökenli olup hepsi C<sub>4</sub> grubu bitkilerinin birer üyesidir. 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 kök boğazı kısımlarına geçirip biyokütlelerinin yapısındaki kül oranını azaltmalarındadır (Bassam, 2013; Geren, 2017). 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 edilebileceğini belirlemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırmaya ait deneme çalışmaları Kasım 2019-Şubat 2021 tarihleri arasında Ege Üniversitesi içerisinde yer alan Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme parsellerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma yeri toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla usulüne uygun alınan numunelere (0-30 cm toprak derinliğinden) Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümüne ait analiz laboratuvarlarında toprak analizi yapılmış olup, detayları içeren sonuçlar Tablo 1’de paylaşılmıştır. Denemenin gerçekleştiği lokasyonun iklimsel verileri İzmir Meteoroloji Bölge İstasyonunun veri tabanından sağlanmıştır (MGM, 2021).

Bu verilerin detaylandırıldığı Tablo 2'nin 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 1.** Araştırma toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Değerlendirme		Özellikler	Değerlendirme	
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	Alınabilir potasyum (ppm)	284	Yeterli
Eriyebilir Toplam Tuz (%)	0.0172	Tuzluluk tehlikesi yok	Alınabilir kalsiyum (ppm)	2100	Normal

Çalışmanın temelinde 3 farklı buğdaygil cinsi (*Pennisetum hybridum*, *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum*) ve 2 değişik hasat zamanı (sonbahar ve kış) olmak üzere iki ana faktör ele alınmış olup araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Yöre koşullarında gerçekleştirilen daha önceki çalışmalara dayanarak, dev kral otuna dekara 15 kg N, 10 kg P ve 10 kg K (Geren ve Yaman, 2016), fil otuna 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 ve ark., 2016) damla sulama sistemine bağlı gübre tankı ile verilmiştir. 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; diğer yarısı amonyum sülfat formunda, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozları mono amonyum fosfat ve K<sub>2</sub>O dozları potasyum sülfat olarak uygulanmıştır). Çalışmanın ikinci yılında gübre dozları ve formlarının aynı şekilde uygulanması sağlanmıştır. Tüm deneme süresi boyunca taşınabilir nemölçer 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.

**Tablo 2.** Deneme yerine ait bazı iklimsel veriler

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

Deneme alanında görülen yabancı otlara bitkisel deneme materyallerinin erken büyüme döneminde elle (çapa ve bağ bıçağı yardımıyla) müdahale edilmiştir. 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

genotipler sonbahar ve kış olmak üzere iki farklı zamanda hasat edilmişlerdir. Hasat zamanının belirlenmesindeki 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 imkân sağlayarak hasat edilebilmesidir (Christian ve ark., 2002; Nazlı, 2017). Çalışmamızda tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak ilk yıl sonbahar hasadı 06.11.2019 ve kış hasadı 04.03.2020 tarihlerinde, ikinci yıl sonbahar hasadı 27.10.2020 ve kış hasadı 23.02.2021 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Hasat yüksekliği olarak, dallı darı için 5 cm, dev kral otu ve fil otu bitkileri için 10 cm anız bırakılarak (Geren, 2017), el aletleri (orak, bağ bıçağı, tara, vb.) yardımıyla kesilerek biçim yapılmıştır. Kenar tesiri olarak dört sıra bitkinin mevcut olduğu parselin baş ve son kısmındaki sıralar çıkarılmış, orta kısımda kalan iki sıranın da baş ve son kısmından 50'şer cm'lik kısım ayrıldıktan sonra kalan net 5.6 m<sup>2</sup> olan alan biçilmiştir. Araştırmada aşağıdaki özellikler incelenmiştir:

Sap (kardeş) sayısı (adet m<sup>-2</sup>): Net hasat alanı içerisindeki 1 m<sup>2</sup>'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. 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<sup>-1</sup>): Deneme parsellerinden hasadı yapılan bitkilerin dört gün boyunca 70 °C'de kuruması sağlanmış ve hassas terazide tartıldıktan sonra verimleri kayıt altına alınmıştır. Ham kül (HK) oranı (%): 1 mm'lik orana sahip elekten geçirilen her bir hava kurusu bitki örneklerinden 0.5 g ayrılıp kül krozelere 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. 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 testi (% 5) kullanılarak tespit edilmiştir (Yurtsever, 1984).

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1.Sap (kardeş) sayısı

Yapılan istatistikî analizler sonucu sap sayısında, söz konusu tüm faktörler ile bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının önemli olduğu anlaşılmıştır (Tablo 3). 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 istatistikî 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. 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 özelliklere de yansıtacak olan dormant olma durumunu yapısına uygulamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca çalışmada yer verilen bu üç farklı buğdaygil genotipinin morfolojik yapıları gereği sap sayılarının önemli derecede farklı

olmaları beklenen bir durumdur. Dev kral otu'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 (Geren ve ark., 2011; Bassam, 2013). 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

$m^{-2}$ ) kadar bir artış gösterdiği vurgulanmıştır. Gönülal ve Soylu (2021) ise Konya/Karapınar lokasyonunda yağışa bağlı kurak şartlarda dallı darı bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, her iki yılda temmuz ayında hasat edilen 4 yaşındaki bitkilerin ortalama sap sayısının  $334 \text{ adet } m^{-2}$  olduğunu 5 yaşındaki bitkilerin ortalama sap sayısının yağış miktarındaki azalmadan kaynaklı  $306 \text{ adet } m^{-2}$ 'ye düştüğünü bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmaların bulgularımızı tam olarak desteklememesinin nedeni ekolojik ve genotipik farklılıklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

**Tablo 3.** Farklı hasat zamanlarının dev kral otu, miskantus ve dallı darıda sap sayısı, bitki boyu, sap çapı, biyokütle verimi ve ham kül oranına etkisi

Bitkiler	1.Yıl			2.Yıl			Ortalama		
	Sonbahar	Kış	Ort.	Sonbahar	Kış	Ort.	Sonbahar	Kış	Ort.
<b>Sap sayısı (adet <math>m^{-2}</math>)</b>									
<i>P.hybridum</i>	89	75	82	120	107	113	105	91	98
<i>M.giganteus</i>	92	88	90	135	129	132	114	108	111
<i>P.virgatum</i>	471	380	425	690	367	528	580	373	477
<b>Ort.</b>	217	181	199	315	201	258	266	191	228
LSD (0.05): Y:6.85 B:8.39 HZ:6.85 YxB:11.87 YxHZ:9.69 BxHZ:11.87 YxBxHZ:16.79									
<b>Bitki boyu (cm)</b>									
<i>P.hybridum</i>	326	250	288	363	296	329	345	273	309
<i>M.giganteus</i>	265	260	263	340	313	327	302	287	295
<i>P.virgatum</i>	184	179	181	165	156	160	174	168	171
<b>Ort.</b>	258	230	244	289	255	272	274	242	258
LSD (0.05): Y:16.33 B:20.00 HZ:16.33 YxB:28.28 YxHZ:Ö.D BxHZ:28.28 YxBxHZ:ÖD									
<b>Sap çapı (mm)</b>									
<i>P.hybridum</i>	17.6	14.8	16.2	15.4	14.5	15.0	16.5	14.7	15.6
<i>M.giganteus</i>	8.4	7.0	7.7	7.6	7.4	7.5	8.0	7.2	7.6
<i>P.virgatum</i>	4.8	3.8	4.3	4.2	3.3	3.8	4.5	3.6	4.0
<b>Ort.</b>	10.3	8.5	9.4	9.1	8.4	8.8	9.7	8.5	9.1
LSD (0.05): Y:0.56 B:0.68 HZ:0.56 YxB:ÖD YxHZ:0.58 BxHZ:ÖD YxBxHZ:ÖD									
<b>Biyokütle verimi (kg <math>da^{-1}</math>)</b>									
<i>P.hybridum</i>	4743	4460	4601	6603	4035	5319	5673	4248	4960
<i>M.giganteus</i>	2629	2099	2364	5022	2859	3941	3826	2479	3152
<i>P.virgatum</i>	2378	1665	2021	2673	1463	2068	2525	1564	2045
<b>Ort.</b>	3250	2741	2996	4766	2786	3776	4008	2764	3386
LSD (0.05): Y:118.58 B:145.23 HZ:118.58 YxB:205.39 YxHZ:167.70 BxHZ:205.39 YxBxHZ:209.46									
<b>Ham kül oranı (%)</b>									
<i>P.hybridum</i>	7.96	6.22	7.09	10.45	7.01	8.73	9.21	6.62	7.91
<i>M.giganteus</i>	6.31	1.65	3.98	6.38	1.96	4.17	6.34	1.80	4.07
<i>P.virgatum</i>	6.56	4.38	5.47	8.08	5.12	6.60	7.32	4.75	6.04
<b>Ort.</b>	6.95	4.08	5.52	8.30	4.70	6.50	7.62	4.39	6.01
LSD (0.05): Y:0.33 B:0.41 HZ:0.33 YxB:0.58 YxHZ:0.47 BxHZ:0.58 YxBxHZ:0.60									

### 3.2. Bitki boyu

Varyans analizi sonucunda bitki boyu üzerine, Y, B, HZ faktörlerinin etkisiyle YxB ve BxHZ interaksiyonları önemli bulunurken, YxHZ ve 3'lü interaksiyon önemsiz bulunmuştur (Tablo 3). BxHZ interaksiyonuna göre yapılan

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

yapılan değerlendirmede; en yüksek bitki boyu ortalaması 329 cm ile ikinci yıl *P. hybridum* bitkisinde saptanırken, onu istatistikî olarak aynı grupta yer alan ve ikinci yıl hasat edilen *M. x giganteus* (327 cm) bitkisi takip etmiştir. En düşük bitki boyu ortalaması ise istatistikî olarak aynı ve son grupta yer alan, sırasıyla ikinci (160 cm) ve birinci yıl (181 cm) hasat edilen *P. 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. Sonbahar hasadından kış hasadına geçişlerde boylardaki azalma 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 araştırmacı (Angelini ve ark., 2005; Tansı ve ark., 2018), bu tip buğdaygillerde kış dönemindeki bitki boyunun sonbahara göre nispeten daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada, sonbahar döneminden kış dönemine doğru oluşan yağışlardan bitkilerin yararlandığını söylemek adeta olanaksızdır. Zira ele alınan üç 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 ve 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. Kışa giriş döneminde bitki yaprak ve saplarındaki

besin maddeleri kök, kök boğazı ve rizomlara çekilmesi nedeniyle bitki boyları kısalmaktadır. Buna ek olarak kış aylarındaki dormant kuru bitkilerin hava şartlarının olumsuz gitmesiyle dev kral otunun 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 ile açıklanabilmektedir. Diğer bir bakımdan dev kral otu 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 ve Lewandowski, 2002; Tansı ve ark., 2018). Sıcak iklim buğdaygilleri ile çalışan birçok araştırmacı, genotipik etkinin boy üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır. Örneğin; Tansı ve ark. (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. Çalışmamızda ele alınan çok yıllık buğdaygil bitkilerinden dev kral otunun en yüksek boy değerine ulaştığı, yüksek boy, vb. verim unsurlarının da biyokütle verimi gibi parametreleri olumlu yönde etkilediği söylenebilir (Clifton-Brown ve Lewandowski, 2002).

### 3.3. Sap çapı

İstatistik analiz sonucu 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 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 değerinin (9.4 mm), ikinci yıldan (8.8 mm) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 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. 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 ve ark., 1988; Geren, 2017). Yapılan birçok 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 ve ark. (2017) ise Urbana’da ortalama sap çapını 9.2 mm olarak saptamışlardır. Araştırmamızda ikinci yıl sap kalınlığının birinci yıla göre azalmasının nedeni ikinci yıl bitki boylarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira Saberzadeh (2021) Bornova koşullarında *P. hybridum* bitkilerinin birinci yıl sap çapı ortalamasının 11.6 mm olduğunu, ikinci yıl ise bu değer ortalama 10.5 mm’ye düştüğünü belirtmiştir. Çok yıllık bitkilerin boyları artarken sap çaplarının azalmasının nedeni birçok araştırmacının da ifade ettiği gibi, yerel çevresel koşullara (rüzgâr, 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 çalışmada 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 ve ark., 2017; Çaçan ve İşikten, 2019). Bilindiği gibi bitkilerde, diğer değişkenlere bağlı kalınmadan sap kalınlığının verimi olumlu yönde arttırdığı pek çok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir. Çalışmamızda da kalın saplı dev kral otu’nun diğer buğdaygillerden daha yüksek verim sağladığı saptanmış olup, detaylar bir sonraki özellikte sunulmuştur.

### 3.4. Biyokütle verimi

Analiz sonuçları biyokütle verimi üzerine, incelenen tüm faktörler ile bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 3). Çalışmamızda üçlü interaksiyon önemli bulunduğu için en yüksek biyokütle verimi 6603 kg da<sup>-1</sup> ile ikinci yıl sonbaharda hasat edilen *P. hybridum* bitkisinden, en düşük biyokütle verimi ise 1463 kg da<sup>-1</sup> ile ikinci yıl kış mevsiminde hasat edilen *P. virgatum* bitkisinde saptanmış olup, onu istatistiki bakımdan aynı grupta yer alan birinci yıl kış mevsiminde biçilen *P. virgatum* (1665 kg da<sup>-1</sup>) bitkisi izlemiştir. Çalışmada yıllar arasında bir fark olduğu görülmüştür. İkinci yıla ait BV genel ortalama değerinin (3776 kg da<sup>-1</sup>) birinci yıla (2996 kg da<sup>-1</sup>) 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 olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ikinci yıl BV’i oluşturan verim unsurlarının (bitki boyu, sap sayısı, vb.) birinci yıldan yüksek olması da ikinci yıl BV’i yükseltmiştir. Nitekim, Geren and Kavut (2015) *P. hybridum* bitkisi kuru madde (KM) veriminin birinci yıl 1.7 t da<sup>-1</sup>, ikinci yıl 3.3 t da<sup>-1</sup>, üçüncü yıl 3.5 t da<sup>-1</sup> ve dördüncü yıl 3.7 t da<sup>-1</sup> olarak arttığını ve yıl etkisinin bitkinin KM veriminde istatistiki olarak önemli olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmanın 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 BV'de yaşanan ağırlık kaybını açıklayabilmektedir (Geren ve ark., 2011; Bassam, 2013). Ayrıca çalışmanın ikinci yılında birinci yıla göre artan BV'ni doğrudan etkileyen sap sayısı özelliğindeki artış ile bağlantılı olup, çok yıllık bitkilerin performanslarının tesis ve bakım yılını geçirdikten sonra verimlerini yükseltmeleri ile ilgili bulunduğu belirtilmektedir (Lewandowski ve ark., 2003; Adler ve ark., 2006). Araştırmada ele alınan buğdaygil cinsleri arasında da BV bakımından önemli farklar saptanmıştır. Yüksek boy, kalın sap ve bol kardeşlenme gösteren dev kral otu bitkisi BV bakımından diğer iki buğdaygili geride bırakarak en yüksek verime ulaşmıştır. Miskantus bitkisi BV bakımından ikinci sırada olurken, dallı darı bitkisi ise en düşük BV sağlamıştır. Bu dev kral otu'nun BV'i açısından daha yüksek bir genetik kapasite barındırdığının örneğidir. Nitekim Nazlı (2017), Çukurova koşullarında miskantusun ortalama KM verimini ( $1.7 \text{ t da}^{-1}$ ) dallı darı bitkisinin ortalama KM verimine ( $1.6 \text{ t da}^{-1}$ ) göre daha yüksek bulmuştur. Enerji bitkileriyle çalışan birçok araştırmacı, bitki cinsine göre uygulanan hasat zamanının BV üzerine çok değişik etkileri bulunduğunu dile getirmişlerdir. Clifton-Brown ve Lewandowski (2002) tarafından 15 miskantus genotipinin KM veriminin birinci, ikinci ve üçüncü yılların sonbahar hasadında sırasıyla 0.2, 0.6,  $1.7 \text{ t da}^{-1}$  olduğu ve kış hasadına gelindiğinde bu verimlerin yine sırasıyla %

27, % 12 ve % 23 azaldığı, 15 genotip için de saptanmış olup, birinci yıldan üçüncü yıla doğru gidildikçe KM veriminin yıl bazlı arttığı belirtilmiştir.

### 3.5. Ham kül oranı

HK oranı verilerine uygulanan istatistiki analiz sonuçları, bu özellik üzerine incelenen tüm faktörlerin ve bunların ikili ve üçlü interaksiyonlarının önemli olduğunu göstermiştir (Tablo 3). 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 grupta 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 olan % 5.52 HK oranından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada buraya kadar işlenen özellikler, biyokütle verimini etkileyen agronomik özelliklerden oluşurken, HK oranı parametresi ile biyokütlenin hasattan sonra bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi ve hasat zamanının kaliteye olan etkisini çalışmadaki 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 ve ark., 2013). Şöyle ki; külün katalitik aktivitesi yanma dinamiğini değiştirmekte ve eğer biyokütlenin kül içeriği azaltılırsa yanma hızı sıcaklığının yükseldiği belirtilmiştir (Fahmi ve ark., 2007). Bir başka açıdan mineral maddelerden etkilenen külün kimyası ve yüksek kül oranı yakıt tanklarındaki korozyon, cüruf ve kirliliği doğrudan ve olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Hague, 1998). Ayrıca, biyokütlenin HK içeriğindeki her % 1'lik artış ısıl değerinde yaklaşık  $0.2 \text{ MJ kg}^{-1}$ lık bir düşüşe



yol açmaktadır (Jenkins ve ark., 1998). 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 ayları da gelmeden toprak altı bitki kısımlarına besin translokasyonu ve depolamasını tamamlaması ile ilişkilidir. Son neden ise elementlerin var olan bitki örtüsünden yağış kaynaklı süzülmesidir (Christian ve ark., 2006; Christian ve ark., 2008; Monti ve ark., 2008). Yukarıda açıklanan durumlar çalışmada 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 HK oranı % 3.42 olurken, ilkbahar hasadından elde edilen ortalama HK oranı % 2.36’ya düşmüştür (Adler ve ark., 2006). 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 yapılara sahip bitkilerin kül oranları arasındaki değerlerin farklı olması diğer ekolojilerde yürütülen çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Kukkonen (2009) ise ABD’de ekolojik koşullarında aynı zamanda hasat edilen dev kral otu ve miskantus bitkilerinin HK 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. Sonuç

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, bitkinin optimizasyonunun yönetimi, hasat ve hasat sonrası işlemlerin başarı ile gerçekleştirilmesi ile verimlilik en üst düzeye çıkarılabilmektedir. Çalışmaya konu olan üç farklı çok yıllık buğdaygil genotipi (*Pennisetum hybridum*, *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum*) Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Bornova koşullarında iki farklı hasat zamanına (Sonbahar ve Kış) tabi tutularak verim ve kalite performansları incelenmiştir. En yüksek biyokütle verim performansı ikinci yıl sonbaharda hasat edilen ve genetik olarak biyokütle hacmi diğer bitkilere göre daha yüksek olan dev kral otu bitkilerinden elde edilirken, en düşük verim ise ikinci yıl kış döneminde hasat edilen dallı darı bitkilerinden elde edilmiştir. Ayrıca tüm genotipler için çalışmanın her iki yılında da sonbahar hasadından elde edilen biyokütle verimleri kış hasadına gelindiğinde azalmıştır. Ancak bir kalite parametresi olan ve bir biyokütle yakıtında az oranda olması istenilen ham kül oranı özelliği incelendiğinde ikinci yıl sonbaharda hasat edilen dev kral otu bitkilerinin ham kül oranı en yüksek ve birinci yıl kışın hasat edilen miskantus bitkilerinin ham kül oranı en düşük çıkmıştır. Ayrıca yine biyokütle veriminde olduğu gibi tüm genotipler için çalışmanın her iki yılında da sonbahar hasadından elde edilen biyokütlelerin ham kül oranı kış hasadına gelindiğinde azalmıştır. Çalışma sonucunda, tercih edilecek amaca göre yüksek bir biyokütle verimi için dev kral otu bitkisinin ve düşük ham kül oranı için kış hasadının seçilmesi, ancak hem biyokütle hem de kaliteli bir enerji bitkisi optimizasyonu için miskantus ve dallı darı bitkilerinden birinin tercih edilip kış hasadının uygulanması daha doğru bir tercih olarak görünmektedir. Sürdürülebilir enerji bitkileri tarımından kalite ve biyokütle veriminin optimizasyonunu sağlayabilmek

amacıyla, türler arasındaki verim ve kalite değişkenliğine dayalı olarak, yapılacak olan hasat zamanı vb. hasat yönetimi olarak adlandırılan araştırmalar, mevcut ve gelecekteki iklim değişikliklerine karşı daha dayanıklı olan genetik kaynaklara, istikrarlı verim ve kalite sağlayabilecek yetiştirme programlarına ve yönetim faaliyetlerine odaklanmalıdır.

### Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### Açıklama

Bu araştırma, ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir

### Kaynaklar

Adler, P.R., Sanderson, M.A., Boateng, A.A., Weimer, P.J., Jung, H.G., 2006. Biomass yield and biofuel quality of switchgrass harvested in fall or spring. *Agronomy Journal*, 98(6):1518-1525.

Angelini, G.L., Ceccarini, L., 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.

Bassam, N.E., 2013. Energy plant species: their use and impact on environment and development. Routledge.

Christian, D.G., Riche, A.B., 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.

Christian, D.G., Riche, A.B., 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.

Christian, D.G., Yates, N.E., 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.

Clifton-Brown, J.C., 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.

Çaçan, E., İşikten, S., 2019. Bingöl ili ekolojik koşullarında bazı silajlık mısır çeşitleri için uygun ekim zamanının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1):39-49.

Eloy, C., Fournier, M., Lacoite, A., Moulia, B., 2017. Wind loads and competition for light sculpt trees into self-similar structures. *Nature Communications*, 8:1014.

Fahmi, R., Bridgwater, A.V., Darvell, L.I., Jones, J.M., Yates, N., Thain, S., 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.

Geren, H., 2017. Enerji Bitkileri Tarımı. İzmir Bölgesi Enerji Forumu, EMO Yayın No: GY/2017/676, S: 144-150.

Geren, H., Avcıoğlu, R., Kavut, Y.T., 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.

Geren, H., 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.

- Geren, H., Kavut, Y.T., Topçu, G.D., 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, 285-292.
- Geren, H., 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.
- Gibson, L.J., Ashby, M.F., Easterling, K.E., 1988. Structure and mechanics of the iris leaf. *Journal of Materials Science*, 23:3041-3048.
- Gönülal, E., Soylu, S., 2021. Yağışa bağlı kuru şartlarda dallı darı (*Panicum virgatum*) çeşitlerinin 4. ve 5. yıllardaki biyokütle verimi ve diğer tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(3):570-578.
- 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, p. 35-90.
- Haines, S.A., 2011. Nitrogen and phosphorus fertilizer effects on establishment of *Miscanthus x giganteus* in North Carolina. MSc Thesis, North Carolina State University, 118p.
- Jenkins, B., Baxter, L.L., Miles, T.R., 1998. Combustion properties of biomass. *Fuel Processing Technology*, 54:17-46.
- Karp, A., Halford, N., 2011. Chapter 1: Energy Crops: Introduction, RSC Energy and Environment Series No. 3, Published by the Royal Society of Chemistry, 1-12.
- Kaya, S., Aydın, G., Karakurt, İ., 2019. Fosil enerji kaynaklarının çevresel etkileri. Türkiye 26. *Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, 16-19 Nisan 2019, Antalya, Türkiye, 1523-1529.
- Kokten, K., Ozdemir, S., 2022. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.), In: Grasses, Y.Karadag, S.Seydosoglu (eds.), 261-283 pp., İksad Yayınevi, Ankara, June.
- Kukkonen, C., 2009. Giant king grass, an energy crop for cellulosic biofuels & electric power plants, Viaspace Inc. Irvine, California USA.
- Lee, M.S., Wycislo, A., Guo, J., Lee, D.K., Voigt, T., 2017. Nitrogen fertilization effects on biomass production and yield components of *Miscanthus x giganteus*. *Frontiers in Plant Science*, 8:544.
- 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., Teixeira, F., 2003. Environment and harvest time affects the combustion qualities of *Miscanthus* genotypes. *Agronomy Journal*, 95:1274-1280.
- Lewandowski, I., 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.
- MGM. 2021. İzmir-Bornova meteoroloji istasyonu aylık rasat verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Monti, A., Virgilio, N.D., Venturi, G., 2008. Mineral composition and ash content of six major energy crops. *Biomass and bioenergy*, 32:216-223.
- Nazlı, R.İ., 2017. Akdeniz iklim koşullarında bazı çok yıllık buğdaygillerin (Miskantus, Dalli Darı, Kargı Kamışı, Yumrulu Yem Kanyaşı) enerji bitkisi olarak kullanım olanakları. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 339s.
- Özdoğan, T., 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.

- Saberrezaei, M., 2021. Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)’nda farklı biçim yüksekliği ve azot seviyelerinin yem verimi ve kalitesine etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bornova-İzmir (Doktora Tezi), 62s.
- Shinners, K.J., Boettcher, G.C., Muck, R.E., Weimer, P.J., Casler, M.D., 2010. Harvest and storage of two perennial grasses as biomass feedstocks. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 53:359-370.
- Smith, R., 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.
- Tanger, P., Field, J.L., Jahn, C.E., DeFoort M.W., Leach, J.E., 2013. Biomass for thermochemical conversion: targets and challenges. *Frontiers in Plant Science*, 4:218.
- Tansı, V., Öztürk., H.H., Budak, D.B., 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.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araş. Enstitüsü Yayınları No:121, Ankara

---

**Atıf Şekli**

Özdoğan Çavdar, T., Geren, H., 2023. Sürdürülebilir Enerji Bitkileri Tarımında Bazı Çok Yıllık Buğdaygillerin Performansları. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1):15-26. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7698745>.

---

**To Cite**

Özdoğan Çavdar, T., Geren, H., 2023. Performances of Some Perennial Grasses in Sustainable Energy Crops Cultivation. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(1):15-26. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7698745>.

---