

## Bazı Tatlı Sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotiplerinin Selülozik Biyoetanol Verimlerinin Belirlenmesi

Mine AKSOY<sup>1</sup>, Ayşegül EFENDİOĞLU ÇELİK<sup>2</sup>, Mahmut DOK<sup>2</sup>, Celal YÜCEL<sup>3\*</sup>, Abdullah ÖKTEM<sup>4</sup>

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Osmangazi İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Osmangazi-Bursa, TÜRKİYE

<sup>2</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Enerji Tarımı Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak, TÜRKİYE

<sup>4</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 16.09.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 23.02.2023

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

[orcid.org/0000-0002-3173-6577](https://orcid.org/0000-0002-3173-6577) [orcid.org/0000-0002-5769-5005](https://orcid.org/0000-0002-5769-5005) [orcid.org/0000-0002-1558-7452](https://orcid.org/0000-0002-1558-7452)

[orcid.org/0000-0001-6792-5890](https://orcid.org/0000-0001-6792-5890) [orcid.org/0000-0001-5247-7044](https://orcid.org/0000-0001-5247-7044)

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: celalyucel1@gmail.com

**Öz:** Bu çalışmada, GAP ve Çukurova koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotiplerinin biyokütlesinin bazı özelliklerinin ve teorik selülozik biyoetanol potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, yurt içi ve yurt dışındaki değişik kaynaklardan temin edilen 49 farklı tatlı sorgum [*S. bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Tarla denemeleri 2015 yılında, Çukurova (Adana) ve GAP (Şanlıurfa) lokasyonlarında ikinci ürün koşullarında yürütülmüştür. Tatlı sorgum genotiplerinin biyokütlesinin kuru madde bazında; nem, kül, selüloz, hemiselüloz ve lignin analizleri yapılmış; teorik selülozik biyoetanol verimleri hesaplanmıştır. Çalışma bulgularına göre, incelenen tüm özellikler bakımından her iki lokasyonda da genotipler arasındaki farklılık  $p \leq 0.01$  seviyesinde istatistik olarak önemli bulunmuştur. Çukurova lokasyonunda genotiplerin nem içeriği % 77.21-90.82, kül içeriği % 5.26-11.01, selüloz içeriği % 20.42-33.27, hemiselüloz içeriği % 15.90-24.58, lignin içeriği % 3.53-9.67, teorik selülozik biyoetanol verimi  $121.5-192.1 \text{ L ton}^{-1}$  biyokütle ve  $205.9-1428.5 \text{ L da}^{-1}$  arasında değişmiştir. GAP lokasyonunda ise genotiplerin nem içeriği % 64.80-88.07, kül içeriği % 4.60-10.46, selüloz içeriği % 18.35-27.92, hemiselüloz içeriği % 15.60-24.22, lignin içeriği % 3.83-9.12, teorik selülozik biyoetanol verimi  $115.9-164.1 \text{ L ton}^{-1}$  biyokütle ve  $352.7-1348.1 \text{ L da}^{-1}$  arasında değişmiştir. Çukurova lokasyonunda UNL-hybrid-3, PI579753 ve Theis genotiplerinin, GAP lokasyonunda ise No41, Corina ve Topper 76 genotiplerinin diğer genotiplere göre daha yüksek teorik biyoetanol verimine sahip oldukları saptanmıştır. Ayrıca Cowley, M81-E, PI579753, Smith, Theis, Topper 76, No91 ve No41 genotiplerinin her iki lokasyonda  $1000 \text{ L da}^{-1}$  üzerinde teorik biyoetanol verimine sahip ortak genotipler oldukları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, Türkiye koşullarında farklı lokasyonlarda birim alandan yüksek biyoetanol verimi ile tatlı sorgum bitkisinin, farklı enerji kaynaklarının arayışının daha da arttığı günümüzde önemli bir alternatif tarımsal kaynak olabileceği sonucuna ulaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Tatlı sorgum, yenilenebilir enerji, biyoyakıt, bitki hücre duvarı bileşenleri, biyoetanol potansiyeli

## Determination of Cellulosic Bioethanol Yields of Some Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotypes

**Abstract:** In this study, it was aimed to determine some characteristics and theoretical cellulosic bioethanol potential in the biomass of sweet sorghum genotypes grown under GAP and Çukurova conditions. In this sense, 49 different sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotypes obtained from various domestic and foreign sources were evaluated as material. Field experiments were conducted under second-crop conditions in Çukurova (Adana) and GAP (Şanlıurfa) locations in 2015. Moisture, ash, cellulose, hemicellulose and lignin content analysis based on the dry matter

were performed in the biomass of the sweet sorghum genotypes and theoretical cellulosic bioethanol yields were calculated. Based on the study findings, the difference between genotypes in both locations in terms of all parameters examined was statistically significant at  $p \leq 0.01$  level. In the Çukurova location, moisture, ash, cellulose, hemicellulose and lignin contents of genotypes changed between 77.21-90.82%, 5.26-11.01%, 20.42-33.27%, 15.90-24.58%, and 3.53-9.67%, respectively. Also, theoretical cellulosic bioethanol yield was obtained as 121.5- 192.1 L ton<sup>-1</sup> biomass and 205.9-1428.5 L da<sup>-1</sup>. For genotypes in GAP location; moisture, ash, cellulose, hemicellulose and lignin contents changed between 64.80-88.07%, 4.60-10.46%, 18.35-27.92%, 15.60-24.22%, and 3.83-9.12%, respectively. Theoretical cellulosic bioethanol yield was obtained as 115.9-164.1 L ton<sup>-1</sup> biomass and 352.7-1348.1 L da<sup>-1</sup>. UNL-hybrid-3, PI579753, and Theis genotypes for the Çukurova location and No41, Corina and Topper 76 genotypes for the GAP location had higher theoretical cellulosic bioethanol yield than other genotypes. In addition, it was determined that Cowley, M81-E, PI579753, Smith, Theis, Topper 76, No91, and No41 genotypes were common genotypes with a theoretical bioethanol yield above 1000 L da<sup>-1</sup> in both locations. As a result of the study, it is concluded that the sweet sorghum plant, with its high bioethanol yield per unit area in different locations in Türkiye conditions, can be an important alternative agricultural resource today, where the search for different energy sources is increasing.

**Keywords:** Sweet sorghum, renewable energy, biofuel, plant cell wall components, bioethanol potential

## 1. Giriş

Petrol fiyatlarındaki dalgalanma ile birlikte yüksek fosil yakıt tüketimi ve çevresel etkilere yönelik artan farkındalık; yenilenebilir enerji kaynaklarına, özellikle biyoyakıt üretimine ilgiyi artırmıştır (Fagundes ve ark., 2021). Son yıllarda alternatif enerji kaynaklarının dinamik gelişimi ve biyoenerji üretiminde bitki biyokütlesinin kullanımı, enerji karışımını geliştirmenin olanaklarından biridir (Batog ve ark., 2020). Tüm potansiyel alternatif yakıtlar arasında biyokütleden sağlanan biyoyakıt formundaki biyoetanol, sera gazı emisyonlarının azalmasına ve temiz çevrenin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (Dey ve ark., 2018). Çevre dostu oksijen içeren bir yakıt olan biyoetanol, % 34.7 oksijen içerirken, benzin ise oksijen içermemektedir. Bu durum, etanolün benzine kıyasla % 15 daha yüksek yanma etkinliğine sahip olması ile sonuçlanmakta; bu nedenle, partikül emisyonu ve azot oksitlerin düzeyi düşük olmaktadır. Benzine kıyaslandığında etanol, önemsiz düzeyde kükürt içermektedir ve bu iki yakıtın karışımı, yakıtta kükürt içeriğini ve buna bağlı olarak kanserojen etkili ve asit yağmura katkıda bulunabilen kükürt dioksit emisyonunu azaltmaya yardımcı olmaktadır (Zabed ve ark., 2017).

Sorgum; buğday, mısır, pirinç ve arpadan sonra üretim hacmi bakımından dünyada beşinci sırada yer almaktadır. Günümüzde bazı Avrupa ülkelerinde enerji amaçlı olarak yetiştirilmektedir (Batog ve ark., 2020). Biyoyakıt için ideal bir ürün olan tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.]; şeker kamışı, şeker pancarı ve mısır göre daha kısa büyüme mevsimine (4 ay) ihtiyaç duyması ve bu bitkilere göre daha yüksek verim sağlaması nedeniyle daha fazla ön plana çıkmaktadır. Geniş adaptasyon kabiliyetine sahip olan tatlı sorgum hızlı büyüme, yüksek şeker birikimi (Erdurmuş ve ark., 2018) ve

yüksek biyokütle üretim potansiyeline sahiptir (Reddy ve Sanjana, 2003; İnal ve ark., 2021).

Sorgum bitkisi aynı zamanda lignoselülozik yapıya sahiptir. Lignoselülozik biyokütle, yenilenebilir karbon deposu olarak göz önünde bulundurulur ve yenilenebilir enerji sisteminin gelişiminde büyük bir potansiyele sahiptir (Akhtar ve ark., 2019). Lignoselülozik biyokütle, biyokütle çeşidine bağlı olarak değişen miktarlarda selüloz, hemiselüloz ve lignin içermektedir (Zabed ve ark., 2017). Selülozik fibriller, makrofibriller olarak adlandırılan demetlerin oluşumuyla ilişkili olup, hemiselülozlarla birbirlerine bağlı ve selülozu biyolojik ve kimyasal muamelelere dirençli yapan lignin ile kaplıdır (Akhtar ve ark., 2019).

Bu çalışmanın amacı, ikinci ürün koşullarında yetiştirilen farklı tatlı sorgum [*S. bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotiplerinin biyokütlesinin, kimyasal bileşimi ve biyoetanol verimlerini belirlemek ve bu özellikler bakımından farklılıkları ortaya koyarak daha sonraki çalışmalar için ümitvar genotipleri ortaya koymaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada çeşitli kaynaklardan temin edilen 49 adet farklı tatlı sorgum [*S. bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotipi materyal olarak kullanılmış olup, genotiplere ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Tarla denemeleri, 2015 yılında buğday hasadı sonrası ikinci ürün koşullarında Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Araştırma Alanı (Çukurova-Adana) ve GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Talat Demirören Araştırma İstasyonu (GAP-Şanlıurfa) olmak üzere iki ayrı lokasyonda gerçekleştirilmiştir.

*Tarla denemeleri:* Ekimler, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri mesafe 25 cm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneme alanında buğday

**Tablo 1. Tatlı sorgum genotiplerine ait bilgiler**  
Table 1. Information on sweet sorghum genotypes

No	Genotip adı ve kaynağı
1	Blue Ribben*
2	Brandes*
3	Colman*
4	Corina*
5	Cowley*
6	Dale*
7	Early Folger*
8	Grass1*
9	H. Sugarcane*
10	Hasting*
11	Honey*
12	M81-E*
13	Mennonita*
14	N98*
15	Nebraska sugarcane*
16	Norkan*
17	PI579753*
18	Ramada*
19	Rex*
20	Rio*
21	Roma*
22	Rox Orange*
23	Simon*
24	Smith*
25	Snow Flakes*
26	Sugar Drip*
27	Theis*
28	Topper 76*
29	Tracy*
30	UNL-hybrid -3*
31	UNL-hybrid -4*
32	White Orn*
33	Waconia-L*
34	Williams*
35	Wray*
36	No2 (22913, Çin)**
37	No91 (653411, Tayvan)**
38	No5 (144134, USDA Güney Afrika)**
39	No20 (152966, USDA Sudan)**
40	No24 (154846, USDA Uganda)**
41	No30 (155760, USDA Malawi)**
42	No41 (156890, USDA Zaira)**
43	No42 (157030, USDA Kenya)**
44	No43 (157033, USDA Uganda)**
45	No46 (170787, USDA Türkiye)**
46	No49 (179749, USDA Hindistan)**
47	Gülşeker (Kontrol Çeşit, Türkiye)**
48	Rox (Kontrol Çeşit, Türkiye)**
49	No453 (24453 ICRISAT Güney Afrika)**

\*: Nebraska University-Prof. Dr. Ismail Dweikat-ABD, \*\*: Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Antalya-Türkiye, \*\*\*: Uludağ Üniversitesi Bursa-Türkiye

hasadını takiben pulluk ile ardından ise goble disk ile sürülerek ikileme yapılmıştır. Diskaro ile sürülerek kesekler ufalanmış, tapan çekilerek toprak düzlenmiş ve ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim öncesi yapılan toprak analiz sonuçları göz önünde bulundurularak dekara saf olarak 5 kg azot ve fosfor gelecek şekilde taban gübresi verilmiş ve

diskaro ile toprağa karıştırılmıştır. Ekim işlemi; 4 m uzunluğundaki sıralara her genotip 1'er sıra olacak şekilde, tesadüf blokları deneme deseninde 4 tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Ekimler ocak usulü yapılmış olup, tohum durumuna göre her ocağa 1-3 adet tohum ekilmiştir. Her iki lokasyonunda da ekimler, Mayıs ayında yapılmış olup, Adana lokasyonundaki çıkışlar için yeterli yağmur yağdığı için ayrıca herhangi bir sulama yapılmamıştır. GAP lokasyonunda ise ekimin ardından yağmurlama sulama ile tav suyu verilmiştir. Tohumların çimlenerek toprak yüzeyine çıkışı Haziran ayında gerçekleşmiş olup bitkiler diz boyu (40-50 cm) olduğunda saf olarak 5 kg da<sup>-1</sup> azot gelecek şekilde üst gübreleme yapılmıştır. Çukurova lokasyonunda yetiştirme sezonu süresince yaklaşık 15-20 gün aralıklarla 4 kez salma sulama yapılırken, GAP lokasyonunda ise ilk 2 sulama çıkışı sağlamak için yağmurlama olmak üzere deneme toplam 8 defa sulanmıştır. Yabancı otlarla mücadele mekanik olarak yapılmıştır. Vejetasyon süresi boyunca 3 defa el çapası, 2 defa traktör çapası ve 1 defa boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Tatlı sorgum ekimleri, buğday hasadından sonra yapıldığı için sap kurduna karşı belli aralıklarla 4 kez ilaçlama yapılmıştır. Tatlı sorgum bitkilerinin hasadı, tanelerin süt ile hamur olum dönemi arasındaki zamanda yapılmış olup, bu dönem her bir genotip için farklı zamanlarda gerçekleşmiştir.

Hasat edilen tatlı sorgum bitkilerinin biyokütlesinde (sap+yaprak+salkım) kuru madde bazında aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

*Nem içeriği (%)*: Belirli miktarda tartılan örneklerin 105 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulması ile örneklerde meydana gelen ağırlık kaybından tespit edilmiştir (NREL/TP-510-42621).

*Kül içeriği (%)*: Öğütülmüş ve kurutulmuş örneklerin 0.5 g tartılıp 575±25 °C'de kül fırınında yakıldıktan sonraki ağırlık kaybından saptanmıştır (NREL/TP-510-42622).

*Hücre duvarı maddeleri (%)*: Tatlı sorgum genotiplerinin saplarının selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriklerini belirlemek için nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve asit deterjanda çözünmeyen lignin (ADL) analizleri ANKOM Fiber Analyzer Cihazı'nda gerçekleştirilmiştir (Van Soest ve ark., 1991; Kutlu, 2008). Analizler sonucunda ise Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'den yararlanılarak selüloz (%) ve hemiselüloz (%) içerikleri hesaplanmıştır.

$$\text{Selüloz (\%)} = \% \text{ ADF} - \% \text{ ADL} \quad (1)$$

$$\text{Hemiselüloz (\%)} = \% \text{ NDF} - \% \text{ ADF} \quad (2)$$

*Teorik selülozik biyoetanol verimi:* Hemiselüloz ve selüloz değerlerinin teorik olarak şekere dönüşümünden yola çıkarak L ton<sup>-1</sup> biyokütle cinsinden hesaplanmıştır (Badger, 2002). Tatlı sorgum genotiplerinin dekara kuru madde verimleri hesaba katılarak ayrıca L da<sup>-1</sup> cinsinden teorik selülozik biyoetanol verimleri de hesaplanmıştır. Hesaplama; hemiselüloz dönüşüm verimi (% 90), xyloze fermentasyon verimi (% 50), etanol stokiometrik oranı (% 51), selüloz dönüşüm verimi (% 76) ve glukoz fermentasyon verimi (% 75) dönüşüm katsayıları kullanılmıştır.

İncelenen tüm özellikler 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Elde edilen veriler, JMP istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar, Tukey çoklu karşılaştırma testine göre karşılaştırılmıştır (Açıkgöz, 2001).

### 3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre Çukurova ve GAP lokasyonlarında nem içeriği, genotipler arasında istatistiki olarak  $p \leq 0.01$  seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. Çukurova lokasyonunda nem içeriği % 77.21-90.82 arasında değişirken, en düşük ve en yüksek nem içeriği sırasıyla P1579753 ve No453 genotiplerinde elde edilmiştir. GAP lokasyonunda ise nem içeriği genotiplere göre % 64.80-88.07 arasında değişirken, en düşük nem içeriği No30 genotipinde, en yüksek nem içeriği Topper 76 genotipinde belirlenmiştir. Genotip ortalamaları bakımından Çukurova lokasyonunda nem içeriği (% 85.47) GAP lokasyonuna (% 78.20) göre daha yüksek tespit edilmiştir (Tablo 2). Nem içeriği; disakkarit şekerlerin minosakkarit şekerlere dönüşüm yeteneğini, depolama stabilitesini, işleme davranışını ve şekerin kalitesini görünümünü etkilemektedir (Chauhan ve ark., 2021).

Kül içeriği, her iki lokasyonda genotiplere göre  $p \leq 0.01$  seviyesinde istatistiki olarak önemli farklılık sergilemiştir. Çukurova lokasyonunda kül içeriği genotiplere göre % 5.26-11.01 arasında değişirken, en düşük ve en yüksek kül içeriği sırasıyla Theis ve No453 genotiplerinde belirlenmiştir. GAP lokasyonunda ise genotiplere göre değişmekle birlikte % 4.60-10.46 arasında belirlenmiş olup, en düşük kül içeriği Grass1 genotipinde ve en yüksek kül içeriği ise No24 ve Early Folger genotiplerinde saptanmıştır. Ayrıca, genotip ortalamalarına göre kül içeriği Çukurova lokasyonunda (% 8.07) GAP lokasyonuna (% 7.38) göre yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Kül içeriği, üretilen alkol miktarını etkileyebilen

önemli bir faktördür. Biyoetanol üretimi için hammaddenin kül miktarı % 10'dan fazla olmamalıdır. Yüksek kül içeriği fermentasyon işlemini inhibe edebilmekte ve damıtma işlemi sırasında ekipmanda tabakalaşmaya neden olabilmektedir (Arif ve ark., 2019).

Damay ve ark. (2019), Della tatlı sorgum çeşidinin nem içeriğini % 70.8±0.7 ve kül içeriğini % 5.3±0.1; Diallo ve ark. (2019), GT-3, GT-5, GT-7 ve GT-106 tatlı sorgum genotiplerinin nem içeriklerini 2013 yılı için sırasıyla 785± 6, 805 ± 6, 773 ± 13 ve 788 ± 9 g kg<sup>-1</sup>; 2014 yılı için ise sırasıyla 775±6, 785±22, 770±13, 803±3 g kg<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Pimentel ve ark. (2017), BD 5404 ve BRS 511 tatlı sorgum bitki saplarında sırasıyla nem içeriğini % 65.85 ve % 66.95 ve kül içeriğini % 3.73 ve % 5.03; Martins ve ark. (2021) ise, tatlı sorgum sapında kül içeriğini % 3.10±0.02 olarak bildirmişlerdir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre Çukurova ve GAP lokasyonlarında selüloz, hemiselüloz ve lignin içerikleri bakımından genotipler  $p \leq 0.01$  seviyesinde istatistiki olarak önemli farklılık göstermiştir (Tablo 3).

Selüloz içeriği, Çukurova lokasyonunda yetiştirilen genotipler için % 20.42-33.27 arasında değişirken, GAP lokasyonunda yetiştirilen genotipler için % 18.35-27.92 arasında değişmiştir. Çukurova lokasyonunda en düşük ve en yüksek selüloz içeriği sırasıyla, N98 ve No49 genotiplerinde belirlenmiştir. GAP lokasyonunda en düşük selüloz içeriği Waconia-L ve Simon genotiplerinde, en yüksek selüloz içeriği ise Topper 76 ve UNL-hybrid-3 genotiplerinde tespit edilmiştir. GAP lokasyonunda burada belirtilen genotipler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli iken, diğer genotipler arasında bu özellik bakımından farklılık önemsiz çıkmıştır. Genotip ortalamalarına göre selüloz içeriği Çukurova lokasyonunda (% 28.47) GAP lokasyonuna (% 23.48) göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 3).

Hemiselüloz içeriği genotiplere göre değişmekle birlikte Çukurova lokasyonunda % 15.90- 24.58 arasında, GAP lokasyonunda % 15.60-24.22 arasında saptanmıştır. Çukurova lokasyonunda en düşük hemiselüloz içeriği N98 genotipinde, en yüksek hemiselüloz içeriği No46 genotipinde tespit edilmiştir. GAP lokasyonunda ise en düşük ve en yüksek hemiselüloz içeriği sırasıyla, Simon ve No46 genotiplerinde elde edilmiştir. Genotip ortalamalarına göre hemiselüloz içeriği Çukurova lokasyonunda (% 20.97) GAP lokasyonuna (% 18.74) göre daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 2. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinin saplarının kuru madde bazında nem ve kül içerikleri ortalamaları ve önemlilik grupları\***

Table 2. Average values and significance groups of moisture and ash contents on a dry basis of stalks obtained from sweet sorghum genotypes grown in different locations\*

Genotipler	Nem içeriği (%)		Kül içeriği (%)	
	Çukurova	GAP	Çukurova	GAP
Blue Ribben	87.59 a-d	80.66 a-d	9.08 a-d	7.79 a-f
Brandes	86.16 a-e	79.77 a-d	8.79 a-d	7.38 a-f
Colman	87.02 a-d	79.30 a-e	8.69 a-d	7.81 a-f
Corina	85.82 a-e	78.65 a-e	8.30 a-e	6.31 b-f
Cowley	82.20 a-f	76.15 a-f	6.86 cde	5.94 b-f
Dale	87.03 a-d	83.09 abc	7.45 b-e	6.92 b-f
Early Folger	85.82 a-e	80.06 a-d	9.14 a-d	10.40 a
Grass1	85.74 a-e	74.20 b-f	6.56 cde	4.60 f
H. Sugarcane	87.38 a-d	80.34 a-d	9.63 abc	8.50 abc
Hasting	87.12 a-d	80.88 a-d	7.67 b-e	7.02 a-f
Honey	89.28 a-d	82.76 abc	8.14 a-e	8.50 abc
M81-E	81.90 a-f	75.92 a-f	7.44 b-e	5.07 def
Mennonita	87.71 a-d	79.29 a-e	8.20 a-e	6.57 b-f
N98	87.13 a-d	82.91 abc	8.58 a-d	8.63 abc
Nebraska Sugarcane	85.54 a-e	81.33 a-d	7.64 b-e	7.38 a-f
Norkan	85.08 a-e	77.22 a-f	8.83 a-d	8.46 a-d
PI579753	77.21 f	70.66 c-f	6.20 de	4.75 ef
Ramada	84.69 a-e	76.32 a-f	7.65 b-e	6.06 b-f
Rex	87.10 a-d	81.43 a-d	9.42 a-d	8.94 abc
Rio	87.64 a-d	75.46 a-f	8.11 a-e	6.62 b-f
Roma	81.25 c-f	78.26 a-e	6.31 de	6.81 b-f
Rox Orange	86.39 a-e	78.89 a-e	8.39 a-e	8.41 a-d
Simon	84.31 a-e	78.84 a-e	7.48 b-e	6.56 b-f
Smith	84.62 a-e	80.83 a-d	7.13 b-e	5.64 c-f
Snow Flakes	85.94 a-e	73.95 b-f	7.77 a-e	7.37 a-f
Sugar Drip	87.21 a-d	81.35 a-d	8.09 a-e	7.60 a-f
Theis	80.44 def	77.24 a-f	5.26 e	6.67 b-f
Topper 76	84.85 a-e	88.07 a	8.38 a-e	8.35 a-f
Tracy	89.95 abc	81.82 a-d	8.11 a-e	6.62 b-f
UNL-hybrid-3	83.91 a-e	84.88 ab	7.71 b-e	9.28 ab
UNL-hybrid-4	82.26 a-f	75.11 b-f	8.65 a-d	8.21 a-d
White Orn	87.13 a-d	81.56 a-d	9.21 a-d	8.47 a-d
Waconia-L	87.78 a-d	83.15 abc	7.96 a-e	7.11 a-f
Williams	87.41 a-d	81.04 a-d	6.82 cde	6.34 b-f
Wray	85.38 a-e	78.83 a-e	7.92 a-e	6.51 b-f
No2	86.88 a-d	81.98 a-d	8.28 a-e	9.07 ab
No91	81.08 c-f	79.01 a-e	6.71 cde	6.14 b-f
No5	90.48 ab	80.06 a-d	7.82 a-e	6.84 b-f
No20	81.66 b-f	69.76 def	6.69 cde	6.92 b-f
No24	86.01 a-e	81.06 a-d	8.57 a-d	10.46 a
No30	78.61 ef	64.80 f	7.62 b-e	6.07 b-f
No41	82.16 a-f	76.40 a-f	8.33 a-e	8.08 a-e
No42	86.68 a-d	76.59 a-f	9.21 a-d	9.16 ab
No43	85.52 a-e	74.00 b-f	8.81 a-d	8.13 a-e
No46	83.97 a-e	66.76 ef	10.20 ab	6.79 b-f
No49	84.58 a-e	72.83 b-f	7.48 b-e	6.97 b-f
Gülşeker	89.50 a-d	75.63 a-f	7.50 b-e	6.56 b-f
Rox	85.89 a-e	71.98 c-f	9.58 abc	7.97 a-f
No453	90.82 a	80.50 a-d	11.01 a	8.93 abc
Ortalama	85.47	78.20	8.07	7.38
DK (%)	3.71	5.63	14.05	16.01
F	**	**	**	**

\*: Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre  $p \leq 0.05$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur, \*\*:  $p \leq 0.01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir, DK: Değişim katsayısı



**Tablo 3. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinin kuru madde bazında selüloz, hemiselüloz ve lignin içerikleri ortalamaları ve önemlilik grupları\***

Table 3. Average values and significance groups of cellulose, hemicellulose, and lignin contents on a dry basis of stalks obtained from sweet sorghum genotypes grown in different locations\*

Genotipler	Selüloz içeriği (%)		Hemiselüloz içeriği (%)		Lignin içeriği (%)	
	Çukurova	GAP	Çukurova	GAP	Çukurova	GAP
Blue Ribben	27.75 a-e	20.87 ab	19.81 abc	16.37 bc	5.68 b-e	5.39 bcd
Brandes	27.64 a-e	21.54 ab	22.62 ab	19.73 abc	4.99 cde	4.92 bcd
Colman	30.03 a-d	23.46 ab	19.87 abc	16.37 bc	7.57 a-d	6.84 a-d
Corina	29.12 a-d	24.03 ab	22.19 ab	21.76 abc	8.05 a-d	5.29 bcd
Cowley	26.46 a-e	23.66 ab	20.95 abc	18.58 abc	6.24 a-e	5.80 a-d
Dale	25.77 b-e	23.80 ab	18.44 abc	16.58 bc	5.32 b-e	5.69 a-d
Early Folger	28.01 a-d	24.32 ab	20.57 abc	17.16 abc	8.30 a-d	8.38 ab
Grass1	31.61 a-d	23.20 ab	22.41 ab	19.62 abc	7.84 a-d	6.16 a-d
H. Sugarcane	30.73 a-d	22.72 ab	22.76 ab	18.45 abc	7.90 a-d	6.31 a-d
Hasting	28.30 a-d	22.27 ab	20.49 abc	16.34 bc	7.94 a-d	5.83 a-d
Honey	29.72 a-d	23.97 ab	20.35 abc	18.12 abc	7.88 a-d	6.64 a-d
M81-E	30.04 a-d	24.91 ab	20.21 abc	18.35 abc	7.74 a-d	6.41 a-d
Mennonita	28.62 a-d	19.66 ab	21.94 abc	17.07 abc	6.81 a-e	7.34 a-d
N98	20.42 e	20.92 ab	15.90 c	17.77 abc	3.53 e	3.83 d
Nebraska Sugarcane	24.27 de	21.71 ab	17.93 bc	16.82 bc	5.04 cde	5.03 bcd
Norkan	28.19 a-d	20.47 ab	22.03 abc	18.11 abc	7.98 a-d	6.31 a-d
PI579753	30.13 a-d	26.70 ab	20.85 abc	20.69 abc	7.09 a-e	6.72 a-d
Ramada	27.01 a-e	19.40 ab	21.00 abc	18.40 abc	6.63 a-e	9.12 a
Rex	27.11 a-e	23.24 ab	18.63 abc	17.46 abc	6.63 a-e	5.36 bcd
Rio	30.17 a-d	25.67 ab	22.91 ab	20.36 abc	5.51 b-e	5.35 bcd
Roma	26.00 a-e	22.86 ab	21.23 abc	19.75 abc	6.08 a-e	5.82 a-d
Rox Orange	28.21 a-d	23.25 ab	21.89 abc	18.34 abc	6.44 a-e	5.86 a-d
Simon	24.82 cde	19.14 b	21.79 abc	15.60 c	6.25 a-e	4.46 cd
Smith	27.10 a-e	25.56 ab	21.68 abc	19.96 abc	6.24 a-e	5.58 a-d
Snow Flakes	27.39 a-e	23.99 ab	18.93 abc	18.76 abc	6.21 a-e	5.46 bcd
Sugar Drip	25.47 b-e	21.98 ab	19.79 abc	17.26 abc	6.46 a-e	5.70 a-d
Theis	27.77 a-e	25.97 ab	20.57 abc	19.98 abc	7.34 a-d	6.24 a-d
Topper 76	27.33 a-e	27.92 a	21.09 abc	20.86 abc	5.95 b-e	6.48 a-d
Tracy	27.08 a-e	22.73 ab	19.00 abc	17.12 abc	6.33 a-e	5.31 bcd
UNL-hybrid-3	32.67 ab	27.83 a	21.12 abc	18.68 abc	8.57 abc	7.27 a-d
UNL-hybrid-4	31.65 abc	25.29 ab	22.44 ab	20.43 abc	8.40 a-d	6.61 a-d
White Orn	29.88 a-d	25.37 ab	21.73 abc	21.83 abc	8.42 a-d	6.56 a-d
Waconia-L	26.78 a-e	18.35 b	22.03 abc	16.70 bc	5.95 b-e	4.95 bcd
Williams	26.23 a-e	19.64 ab	18.24 bc	17.43 abc	6.31 a-e	4.70 cd
Wray	24.61 cde	21.70 ab	19.45 abc	16.66 bc	4.91 de	5.54 a-d
No2	27.91 a-d	22.19 ab	21.73 abc	16.87 bc	7.77 a-d	7.94 abc
No91	29.63 a-d	24.81 ab	18.82 abc	19.35 abc	7.96 a-d	6.65 a-d
No5	25.97 a-e	23.52 ab	18.35 abc	16.34 bc	6.46 a-e	6.64 a-d
No20	28.16 a-d	22.01 ab	22.20 ab	19.04 abc	7.21 a-d	6.50 a-d
No24	29.28 a-d	26.56 ab	20.54 abc	16.90 bc	6.97 a-e	6.24 a-d
No30	31.97 abc	24.28 ab	22.51 ab	20.13 abc	8.89 ab	6.04 a-d
No41	31.59 a-d	26.80 ab	23.39 ab	21.24 abc	8.93 ab	6.92 a-d
No42	27.40 a-e	24.55 ab	22.34 ab	19.72 abc	9.67 a	7.15 a-d
No43	31.10 a-d	26.22 ab	23.46 ab	23.21 ab	7.49 a-d	6.47 a-d
No46	32.73 ab	25.18 ab	24.58 a	24.22 a	7.78 a-d	7.16 a-d
No49	33.27 a	25.29 ab	23.28 ab	23.40 ab	8.25 a-d	6.69 a-d
Gülşeker	32.81 ab	22.56 ab	21.26 abc	20.16 abc	8.58 abc	6.80 a-d
Rox	29.68 a-d	22.52 ab	22.22 ab	16.75 bc	7.67 a-d	6.86 a-d
No453	29.58 a-d	26.10 ab	20.08 abc	17.60 abc	8.16 a-d	7.04 a-d
Ortalama	28.47	23.48	20.97	18.74	7.06	6.21
DK (%)	8.98	12.72	10.37	13.23	17.83	20.26
F	**	**	**	**	**	**

\*: Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre  $p \leq 0.05$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur, \*\*:  $p \leq 0.01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir, DK: Değişim katsayısı

Lignin içeriği genotiplere göre değişmekle birlikte; Çukurova lokasyonu için % 3.53-9.67 arasında değişirken, GAP lokasyonu için genotiplere göre % 3.83-9.12 arasında değişmiştir.

Çukurova lokasyonunda en düşük lignin içeriği N98 genotipinde, en yüksek lignin içeriği No42 genotipinde tespit edilmiştir. GAP lokasyonunda ise en düşük ve en yüksek lignin içeriği N98 ve Ramada genotiplerinde belirlenmiştir. Genotip ortalamalarına göre lignin içeriği, Çukurova lokasyonunda (% 7.06) GAP lokasyonuna (% 6.21) göre daha yüksek bulunmuştur. Lignin, selüloz ve hemiselülozun çapraz bağlanmasında önemli bir rol oynar. Ligninin bu özelliklerinden dolayı tüm yapı daha serttir ve hidrolize edici dış ajanlara dirençlidir; bu da, bioetanol üretiminde önemli bir engeldir (Batog ve ark., 2020).

Damay ve ark. (2019), Della tatlı sorgum çeşidinin selüloz içeriğini % 22.5±0.8, hemiselüloz içeriğini % 22.5±0.8 ve lignin içeriğini % 12.2±1.0 olarak belirlemişlerdir. Jung ve ark. (2015), Nijerya'dan toplanan sorgum [*S. bicolor* (L.) Moench] bitkisinin sapının selüloz ve hemiselüloz içeriklerini sırasıyla % 33.8 ve % 23.3; Sudan'dan toplanan tatlı sorgum bitkisinin sapının ise selüloz ve hemiselüloz içeriklerini sırasıyla, % 39.4 ve % 24.1 olarak bildirmişlerdir. Chauhan ve ark. (2021), Chiquere tatlı sorgum saplarının selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriklerini sırasıyla % 41.5, % 37.0 ve % 22.0; Gebabe tatlı sorgum çeşidinin saplarının selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriklerini sırasıyla % 39.2, % 34.0 ve % 20 olarak tespit etmişlerdir. Pimentel ve ark. (2017), ise BD 5404 ve BRS 511 tatlı sorgum genotiplerine ait bitki saplarında sırasıyla selüloz içeriğini % 25.33 ve % 31.13; hemiselüloz içeriğini % 28.86 ve % 25.55 ve lignin içeriğini % 7.41 ve % 9.16 olarak belirlemişlerdir. Martins ve ark. (2021), tatlı sorgum bitkisinin sapında selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriklerini sırasıyla % 42.23, % 22.14 ve % 20.92 olarak bildirmişlerdir. Batog ve ark. (2020), ana ve ikinci ürün koşullarında (çavdardan sonra) yürüttükleri çalışmada 3 yıllık verilere göre minimum ve maksimum selüloz miktarının Rona, Santos ve Sucrosorgo 506 genotipleri için sırasıyla % 21.9-34.6, % 30.2-35.6 ve % 24.8-35.2 olarak bildirmişlerdir. Hemiselüloz içeriğinin ise Rona, Santos ve Sucrosorgo 506 genotipleri için sırasıyla % 21.2-41.2, % 26.8-32.8 ve % 26.8-38.5 arasında değiştiğini saptamışlardır. Minimum ve maksimum lignin içeriklerini ise Rona 1 çeşidi için % 17.4-20.2, Santos çeşidi için % 19.3-21.5 ve Sucrosorgo 506 için ise % 16.8-20.6 olarak belirlemişlerdir.

Çukurova ve GAP lokasyonlarında teorik selülozik biyoetanol verimi (L ton<sup>-1</sup> biyokütle), genotipler arasında istatistiki olarak p≤0.01 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir. Çukurova lokasyonunda teorik selülozik biyoetanol verimi genotiplere göre 121.5-192.1 L ton<sup>-1</sup> biyokütle arasında değişirken, sırasıyla en

düşük ve en yüksek verimler N98 ile No46 genotiplerinde tespit edilmiştir. GAP lokasyonunda teorik selülozik biyoetanol verimi genotiplere göre 115.9-164.1 L ton<sup>-1</sup> biyokütle arasında değişirken, en düşük verim Simon ve Waconia-L genotiplerinde, en yüksek verim No43, Topper 76, No46, No49 ve No41 genotiplerinde elde edilmiştir. GAP lokasyonunda burada belirtilen genotipler arasında istatistiki olarak önemli farklılık tespit edilirken, diğer genotipler arasında bu özellik bakımından farklılık önemsiz çıkmıştır. Genotip ortalamalarına göre teorik selülozik biyoetanol verimi Çukurova lokasyonunda (160 L ton<sup>-1</sup> biyokütle) GAP lokasyonuna (141 L ton<sup>-1</sup> biyokütle) göre daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 4).

Her iki lokasyonda da teorik selülozik biyoetanol verimi (L da<sup>-1</sup>) genotiplere göre p≤0.01 seviyesinde istatistiki olarak önemli farklılık sergilemiştir. Çukurova lokasyonunda teorik selülozik biyoetanol verimi genotiplere göre 205.9-1428.5 L da<sup>-1</sup> arasında değişirken, en düşük verim Simon genotipinde ve en yüksek verim ise UNL-hybrid-3 genotipinde elde edilmiştir. GAP lokasyonunda teorik selülozik biyoetanol verimi genotiplere göre 352.7-1348.1 L da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. En düşük verim Norkan, Simon, H. Sugarcane, Rex ve No24 genotiplerinde en yüksek verim ise No41 genotipinde elde edilmiştir. Genotip ortalamalarına göre teorik selülozik biyoetanol verimi GAP lokasyonunda (744.4 L da<sup>-1</sup>) Çukurova lokasyonuna (706.6 L da<sup>-1</sup>) göre daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 4).

Zhao ve ark. (2009), 5 farklı tatlı sorgum çeşidinin selülozik etanol verimini inceledikleri çalışmada; selülozik etanol verimini 2006 yılında 1985-4489 L ha<sup>-1</sup> ve 2007 yılında ise 1796-6591 L ha<sup>-1</sup> arasında değiştiğini saptamışlardır. Batog ve ark. (2020), ise ana ve ikinci ürün koşullarında yetiştirilen sorgumların ortalama biyoetanol veriminin çeşitlere göre önemli ölçüde değiştiğini, en yüksek ortalama biyoetanol verimini Sucrosorgo 506 çeşidinde çalışmanın birinci (13.43 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) ve ikinci yıllarında (13.99 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca, tüm çeşitler için selüloz ve biyoetanol üretim etkinliği arasında çok güçlü lineer ilişki ve yine tüm çeşitlerin ana koşullarda ikinci ürün koşullarına kıyasla daha yüksek etanole sahip olduğunu belirtmişlerdir.

#### 4. Sonuçlar

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, genotip ortalamaları bakımından sadece teorik selülozik biyoetanol verimi (L da<sup>-1</sup>) GAP lokasyonunda yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinde daha yüksek elde edilirken; teorik selülozik biyoetanol

**Tablo 4. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinin kuru madde bazında teorik selülozik biyoetanol verim ortalamaları ve önemlilik grupları\***

Table 4. Average values and significance groups of theoretical cellulosic bioethanol yield on a dry basis of stalks obtained from sweet sorghum genotypes grown in different locations\*

Genotipler	Teorik selülozik biyoetanol verimi (L ton <sup>-1</sup> biyokütle)		Teorik selülozik biyoetanol verimi (L da <sup>-1</sup> )	
	Çukurova	GAP	Çukurova	GAP
Blue Ribben	159.8 a-e	124.5 ab	542.3 f-n	550.8 j-q
Brandes	167.6 a-d	136.7 ab	826.2 c-k	737.9 e-q
Colman	168.4 a-d	134.1 ab	403.8 i-n	576.8 i-q
Corina	171.8 a-d	151.8 ab	955.1 a-h	1307.6 ab
Cowley	158.4 a-e	141.2 ab	1031.9 a-f	1019.9 a-g
Dale	148.6 cde	135.9 ab	737.5 d-m	551.0 j-q
Early Folger	163.0 a-d	139.5 ab	476.5 h-n	392.1 p-q
Grass1	181.6 a-d	142.6 ab	980.9 a-h	1141.3 a-d
H. Sugarcane	179.4 a-d	137.4 ab	401.2 i-n	367.3 q
Hasting	163.9 a-d	129.6 ab	563.3 e-n	537.2 k-q
Honey	168.7 a-d	141.0 ab	336.2 k-n	408.8 p-q
M81-E	169.5 a-d	145.1 ab	1032.8 a-f	1140.7 a-d
Mennonita	169.3 a-d	122.1 ab	478.1 h-n	465.8 n-q
N98	121.5 e	128.7 ab	350.4 j-n	630.3 g-q
Nebraska Sugarcane	141.5 de	128.9 ab	610.7 e-n	919.9 b-k
Norkan	168.0 a-d	128.1 ab	523.5 f-n	352.7 q
P1579753	171.7 a-d	158.5 ab	1365.8 ab	1147.6 a-d
Ramada	160.6 a-e	125.0 ab	820.6 c-l	826.9 c-o
Rex	154.1 a-e	136.4 ab	270.4 m-n	370.6 q
Rio	177.8 a-d	153.8 ab	516.7 g-n	959.8 a-i
Roma	157.6 a-e	141.7 ab	875.9 b-i	848.9 c-n
Rox Orange	167.6 a-d	139.0 ab	860.5 b-j	549.1 j-q
Simon	154.8 a-e	115.9 b	205.9 n	355.2 q
Smith	162.9 a-d	152.2 ab	1028.1 a-f	1060.0 a-f
Snow Flakes	156.0 a-e	142.9 ab	560.4 e-n	616.5 h-q
Sugar Drip	151.4 b-e	131.2 ab	577.2 e-n	456.0 o-q
Theis	162.1 a-d	153.8 ab	1277.1 abc	1091.6 a-e
Topper 76	162.1 a-d	163.5 a	1065.3 a-e	1215.9 abc
Tracy	155.1 a-e	133.5 ab	528.5 f-n	832.9 c-o
UNL-hybrid-3	181.8 a-d	156.8 ab	1428.5 a	965.3 a-i
UNL-hybrid-4	181.9 abc	152.6 ab	872.9 b-i	999.9 a-h
White Orn	173.3 a-d	157.0 ab	790.6 c-l	947.2 b-i
Waconia-L	162.8 a-d	116.2 b	311.6 l-n	459.9 n-q
Williams	149.7 cde	123.0 ab	501.6 g-n	552.7 j-q
Wray	147.3 cde	128.4 ab	526.7 f-n	634.2 g-q
No2	166.0 a-d	130.8 ab	616.3 e-n	460.6 n-q
No91	163.9 a-d	147.7 ab	1150.5 a-d	1033.4 a-f
No5	149.1 cde	134.1 ab	699.2 d-n	806.4 d-o
No20	168.3 a-d	136.5 ab	642.0 d-n	690.6 f-q
No24	167.6 a-d	147.0 ab	501.7 g-n	371.1 q
No30	183.3 abc	148.0 ab	956.5 a-h	870.2 c-m
No41	184.4 abc	160.5 a	1001.8 a-g	1348.1 a
No42	165.9 a-d	147.8 ab	584.1 e-n	509.5 l-q
No43	182.8 abc	164.1 a	753.7 d-m	775.0 d-p
No46	192.1 a	163.2 a	607.2 e-n	933.7 b-j
No49	190.3 ab	161.2 a	877.4 b-i	812.1 d-o
Gülşeker	182.7 abc	141.8 ab	753.7 d-m	897.8 c-l
Rox	174.0 a-d	131.7 ab	402.1 i-n	473.6 n-q
No453	167.4 a-d	147.3 ab	442.0 i-n	502.2 m-q
Ortalama	160.0	141.0	706.6	744.4
DK (%)	8.43	10.55	25.10	18.30
F	**	**	**	**

\*: Aynı sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre p≤0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur, \*\*: p≤0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir, DK: Değişim katsayısı



verimi (L ton<sup>-1</sup> biyokütle) dâhil incelenen diğer tüm özellikler Çukurova lokasyonunda yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinde daha yüksek tespit edilmiştir. Çukurova lokasyonunda hem L ton<sup>-1</sup> biyokütle hem de L da<sup>-1</sup> cinsinden teorik selülozik biyoetanol verimleri açısından Cowley, M81-E, PI57975, Smith, Theis, Topper 76, UNL-hybrid-3 ve No41 genotipleri öne çıkarken; GAP lokasyonunda ise Corina, PI579753, Smith, Theis, Topper 76 ve No41 genotipleri öne çıkmıştır. Her iki lokasyonda da 1000 L da<sup>-1</sup> ve üzeri teorik selülozik biyoetanol verimine sahip ortak genotipler ise Cowley, M81-E, PI579753, Smith, Theis, Topper 76, No91 ve No41 olarak tespit edilmiştir. Tatlı sorgum bitkisinin kimyasal özelliklerinin ve biyoetanol veriminin çeşitlere/genotiplere, ekim tarihine, lokasyona, iklim koşullarına, olgunluk dönemine göre hasat zamanlarına, birim alandan elde edilen biyokütle verimine göre değiştiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, ikinci ürün koşullarında dahi iyi sonuçlar elde edilmesi insan beslenmesinde kullanılan tarımsal bitkilerin ekim alanlarının etkilenmemesine ve ekim sonrasında arazilerin değerlendirilmesine katkı bulunabilir. Böylece enerji, ekonomi, çevre başta olmak üzere çok çeşitli faydalar sağlayabilir ve çeşitli önemli özelliklerinden dolayı ülkemiz koşullarında enerji alanında değerlendirilmesi önerilebilir.

### Yazarların Katkı Beyanı

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

### Finansman

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından “1140948” numaralı proje ile desteklenmiştir.

### Teşekkür

TÜBİTAK’a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

### Çıkar Çatışması Beyanı

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

### Kaynaklar

Açıkgöz, N., Açıkgöz, N., 2001. Tarımsal araştırmaların istatistikî değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar: I. Tek faktörlü denemeler. *Anadolu*, 11(1): 135-147.  
Akhtar, N., Gupta, K., Goyal, D., Goyal, A., 2019. Lignocellulosic biomass Characteristics for

bioenergy application: An overview. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(2): 367-383.

Arif, A.B., Budiyo, A., Diyono, W., Hayuningtyas, M., Marwati, T., Sasmitaloka, K.S., Richana, N., 2019. Bioethanol production from sweet sorghum bagasse through enzymatic process. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*, 309: 012033.

Badger, P.C., 2002. Ethanol from cellulose: A general review. In: J. Janick and A. Whipkey (Eds.), *Trends in New Crops and New Uses*, Alexandria, VA, pp. 17-21.

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

Chauhan, N.M., Hajare, S.T., Mamo, B., Madebo, A.A., 2021. Bioethanol production from stalk residues of Chiquere and Gebabe varieties of sweet sorghum. *International Journal of Microbiology*, 12: 1-16.

Damay, J., Boboescu, I.Z., Beigbeder, J.B., Duret, X., Beauchemin, S., Lalonde, O., Lavoie, J.M., 2019. Single-stage extraction of whole sorghum extractives and hemicelluloses followed by their conversion to ethanol. *Industrial Crops & Products*, 137: 636-645.

Dey, P., Pal, P., Kevin, J.D., Das, D.B., 2018. Lignocellulosic bioethanol production: prospects of emerging membrane technologies to improve the process—a critical review. *Reviews in Chemical Engineering*, 36(3): 333-367.

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

Erdurmuş, C., Yücel, C., Çınar, Ç., Yegin, A.B., Öten, M., 2018. Bioethanol and sugar yields of sweet sorghum. *The International Journal of Engineering and Science*, 7(11): 21-26.

Fagundes, T.G., Romeiro Lombardi, G.M., Alencar Lopes, A.C., Fernandes Filho, C.C., Lopes, L.S., Costa Parrella, R.A., Duarte, W.F., Rodrigues Nunes, J.A., 2021. Characterization of sweet sorghum genotypes based on agroindustrial performance and fermentation potential. *Sugar Tech*, 23(4): 881-890.

İnal, İ., Yücel, C., Yücel, D., Hatipoğlu, R., 2021. Nutritive value and fodder potential of different sweet sorghum genotypes under Mediterranean conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 26(1): 1-7.

Jung, S.-J., Kim, S.-H., Chung, I.-M., 2015. Comparison of lignin, cellulose, and hemicellulose contents for biofuels utilization among 4 types of lignocellulosic crops. *Biomass and Bioenergy*, 83: 322-327.

Kutlu, H.R., 2008. Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Ders Notu, Adana.

- Martins, R.P., Schmatz, A.A., Freita, L.A., Rossini Mutton, M.J., Brienzo, M., 2021. Solubilization of hemicellulose and fermentable sugars from bagasse, stalks, and leaves of sweet sorghum. *Industrial Crops & Products*, 170(1): 113813.
- Pimentel, L.D., Pereira Batista, V.A., Barros, A.F., Teofilo, R.F., Santos Dias, L.A., 2017. Chemical and bioenergetic characterization of sorghum agronomic groups. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 47(4): 424-431.
- Reddy, B.V.S., Sanjana, R.P., 2003. Sweet sorghum: characteristics and potential. *International Sorghum and Millets Newsletter*, 44: 26-28.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber and nostarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Zabed, H., Sahu, J.N., Suely, A., Boyce, A.N., Faruq, G., 2017. Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71: 475-501.
- Zhao, Y.L., Dolat, A., Steinberger, Y., Wanga, X., Osman, A., Xie, G.H., 2009. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. *Field Crops Research*, 111: 55-64.

**ALINTI:** Aksoy, M., Efendioğlu Çelik, A., Dok, M., Yücel, C., Öktem, A., 2023. Bazı Tatlı Sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotiplerinin Selülozik Biyoetanol Verimlerinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(1): 1-10.  
**CITATION:** Aksoy, M., Efendioğlu Çelik, A., Dok, M., Yücel, C., Öktem, A., 2023. Determination of Cellulosic Bioethanol Yields of Some Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotypes. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 10(1): 1-10. (In Turkish).