

ADANA KOŞULLARINDA TATLI SORGUMUN BİYOKÜTLE VE BİYOETANOL POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

BIOMASS AND BIOETHANOL PRODUCTION POTENTIALS OF SWEET SORGHUM UNDER ADANA CONDITIONS

Derya YÜCEL

Doç. Dr., Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak/Türkiye,

<https://orcid.org/0000-0001-7350-8399>

Celal YÜCEL

Prof. Dr., Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak/Türkiye,

<https://orcid.org/0000-0001-6792-5890>

Hasan Ali KARAAĞAÇ

Ziraat Yük. Müh., Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana/Türkiye,

<https://orcid.org/0000-0003-4847-0426>

Bülent ÇAKIR

Dr., Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana/Türkiye,

<https://orcid.org/0000-0003-4672-7582>

Rüştü HATİPOĞLU

Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana/Türkiye,

<https://orcid.org/0000-0002-7977-0782>

Özet

Araştırma, farklı tatlı sorgum genotiplerinin biyokütle ve bioetanol üretim potansiyellerinin saptanması amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, yurt içi ve dışındaki değişik kaynaklardan temin edilen 21 adet tatlı sorgum (*Sorghum bicolor var. saccharatum* (L.) Mohlenbr.) hat ve çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde (Dogankent/Adana) ikinci ürün koşullarında, 2016 ve 2017 yıllarında yürütülmüştür. Her genotip, 70 cm sıra aralıklı, 5 m uzunluğundaki 4 sıradan oluşan parsellere, sıra üzeri 15 cm olacak şekilde, tesadüf blokları deneme deseninde 4 tekrarlamalı olarak ekilmiştir. Araştırmada her parselden rastgele seçilen 10 adet bitkide bazı tarımsal özellikler saptanmıştır. İki yıllık ortalamalara göre önemli bazı özelliklere ait minimum ve maksimum değerler; ekimden hasada kadar geçen süre 98.1-134.4 gün, bitki boyu 232.2-429.3 cm, biyokütle verimi 8.3-21.5 t/da, sap verimi, 6.9-18.3 t/da, özsu verimi 2298-6274 L/da, brix değeri %15.50-20.00 ve teorik etanol verimi 202-530 L/da arasında değişmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgulara dayanılarak, Adana ikinci ürün koşullarında tatlı sorgumun biyokütle ve bioetanol üretimi amacıyla başarıyla yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tatlı Sorgum, Biyokütle, Etanol, Brix, Verim.

Abstract

The research was carried out to determine the potential of biomass and bio-ethanol production of different sweet sorghum genotypes under Adana Conditions. Twenty-one sweet sorghum genotypes obtained from domestic and foreign sources were used experimental material. The field experiment was conducted in the experimental area of the Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute, Adana -Turkey in second crop condition in 2016 and 2017. Each genotype was sown in 4 rows with 5 m length and 0.7 m apart according to randomized complete block design with four replications. In

the research, agronomic traits were determined on 10 randomly selected plants of each genotype. According to the two years averaged values, days after sowing, plant height, biomass yield, stalk yield, juice yield, brix, and theoretical ethanol yield ranged from 98.1 to 134.4 days, 232.2 to 429.3 cm, 83.4 to 214.9 t ha⁻¹, 69 to 183 t ha⁻¹, 23 to 63 m³ ha⁻¹, 15.50 to 20.00 %, and 2020 to 5300 L ha⁻¹, respectively. From the results of the research, it was concluded that sweet sorghum could be successfully grown for biomass or bio-ethanol production as second crop under Adana Conditions.

Keywords: Sweet Sorghum, Biomass, Ethanol, Brix, Yield.

1. GİRİŞ

Dünya’da fosil enerji kaynakları her yıl giderek azalmaktadır. Bu azalan enerji kaynaklarının yerine yeni alternatif kaynakları bulma arayışları hızla devam etmektedir. Fosil yakıtların yerini alabilecek, çevreye daha az zararlı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının başında birim alanda yüksek biyokütle potansiyeline sahip bitkiler gelmektedir. Dünya’da etanol üretimi için yaygın olarak şeker kamışı, şeker pancarı, tatlı sorgum ve mısır gibi tarımsal ürünler kullanılmaktadır (Adelakan, 2010). Sorgumun, geniş adaptasyon yeteneğine sahip olması ve diğer ürünlere göre yetiştirme girdilerinin daha ucuz olmasının yanı sıra, etanol üretimindeki avantajlarından dolayı şeker kamışı, şeker pancarı ve mısırın yerine tercih edilmektedir. Dünya’da gıda amaçlı kullanılan bitkilerin enerji amaçlı kullanılması gıda güvenliği açısından ciddi bir sorun olarak görülmektedir. Gelecekte enerji üretimi amaçlı kullanılacak bitkilerin hem gıda hem de enerji üretim amaçlı olmaları önemli olacaktır. Bu açıdan tatlı sorgum, birçok amaçla kullanılan ve düşük maliyetli etanol üretimi için umut verici ya da gelecek vadeden en önemli tarımsal ürün olarak görülmektedir (Wang ve Liu, 2009). Tatlı sorgumun hem özsuyu hem de küspesinin etanol üretiminde kullanılması birim alandaki etanol verimini artırmaktadır (Dolciotti ve ark., 1998). Tatlı sorgumun, saplarından etanol üretimi amacıyla sıra elde edilmesi, sapından (enerji üretimi, plastik üretimi), tanesinden (insan gıdası, hayvan yemi, etanol üretimi için) yararlanılması, küspesi ve yeşil yapraklarının mükemmel bir yem, organik gübre, sanayide selülozik hammadde, gıda, şeker, kağıt hamuru gibi birçok kullanım alanının bulunması nedeniyle öneminin her geçen gün daha da arttığı bildirilmektedir (Miller ve Creelman, 1980; Almodares ve ark., 1999; Negro ve ark., 1999; Chiaramonti ve ark., 2004; Gnansounous ve ark., 2005; Reddy ve ark., 2005; Zhao ve ark., 2009; Nahar, 2011; Almodares ve ark., 2013).

Ülkemiz, petrol ve petrol türevleri bakımından dışa bağımlı ülke durumundadır. Bu durumun meydana getirmiş olduğu stratejik hassasiyet, dış ticaret açığında önemli bir paya sahip olmaktadır. Dolayısıyla ülkemizin kendi alternatif enerji kaynaklarından elde edeceği enerji, son derece önemli konuma gelmiş bulunmaktadır. Ülkemizde kullanılan enerjinin kaynağını, birinci derecede fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı sonucu çevreye daha çok sera gazları yayılmakta ve bunun sonucu olarak küresel ısınmaya ve iklim değişikliklerine neden olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı çevreye daha az zararlı olan alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının sağlanması önemli olmaktadır. Söz konusu yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının başında tarımsal biyokütleden etanolün elde edilmesi gelmektedir. Bitkilerden elde edilen etanol (biyo-etanol), sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak, sağladığı çevresel ve ekonomik yararlar nedeniyle, fosil yakıtlara göre avantajlar sağlamaktadır. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2011 yılında aldığı karara göre, ülkemizde piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türevlerine 1 Ocak 2014’ten başlayarak en az %3 oranında biyoetanol ilave edilmesi yasal zorunluluk haline getirilmiştir. Bu nedenlerden dolayı alternatif enerji bitkilerinin AR-GE çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Dünya’nın birçok ülkesinde biyo-etanolün yakıt olarak yaygın bir şekilde kullanıldığı ve biyo-etanolün elde edilmesinde kullanılan bitkilerin başında ise sorgum türleri ve özellikle de tatlı sorgumun geldiği görülmektedir. Biyoetanol üretiminde sorgum bitkisinin kullanılması ülkemiz için de büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma, farklı tatlı sorgum genotiplerinin Çukurova bölgesi 2. ürün koşullarında biyokütle ve teorik biyo-etanol üretim potansiyellerinin saptanması amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal: Araştırmada yer alan genotiplerin adları ve temin edildiği kaynaklar; **1)** Cowley, Dale, Grassi, M81-E, Mennonita, Nebraska sugarcane, PI579753, Ramada, Roma, Rox Orange, Smith, Sugar Drip, Theis, Topper 76, Tracy, UNL-Hybrid -3 (26297xM81 E), Williams (Prof. Dr. İsmail Dweikat, Nebraska Üniversitesi, Lincoln, ABD); **2)** no:2 USDA-orijin Çin, no91 USDA- orijin Tayvan, no5 USDA orijin Güney Afrika (BATAEM, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya); **3)** Lokal çeşit Gülseker (Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa).

Tarla denemelerinin yürütüldüğü topraklar, Arıklı toprak serisi olup, 0-15 ve 15-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan analizler sonucunda; pH'nın 7.0-7.50 arasında, toplam tuz %0.22-0.27, N % 0.10-0.19, organik karbon (OC) % 0.63-0.90, fosfor (P) 0.63-0.90 mg/kg, kireç içeriği (CaCO₃) %32.5-35.0, kum; %24-28, silt % 41-43, kilin ise %30-33 arasında değiştiği ve toprak tekstür sınıfının killi-tın (CL) yapısında olduğu saptanmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü Haziran-Ekim döneminde ortalama sıcaklık 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla 25.1 °C ve 24.8 °C olarak, aynı dönemdeki ortalama nispi nem %79.0 ve %79.6 olmuş ve söz konusu dönemdeki toplam yağış miktarı ise 46.2 ve 48.2 kg/m² olarak kaydedilmiştir. Bu dönemdeki yağışın bitki yetiştiriciliği için yeterli olmaması nedeniyle, ihtiyaç duyulduğu kadar sulama yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Denemelerin kurulması ve örneklerin alınması:

Ekim öncesi deneme parsellerinden alınan toprak örneklerinde yapılan toprak analiz sonuçları göz önünde bulundurularak dekara saf olarak 5 kg/da azot ve fosfor gelecek şekilde taban gübresi verilmiştir. Her genotip 70 cm aralıkla oluşturulan 5 m uzunluğundaki 4 sıra halindeki sırtlara sıra üzeri 15 cm olacak şekilde ekilmiştir. Tarla denemeleri, 2016 ve 2017 yıllarında, Adana, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde, tesadüf blokları deneme deseninde, 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ekimler, buğday hasadı sonrası, Haziran ayı ortasında ikinci ürün olarak yapılmıştır. Ekimler, kuru toprağa yapılmış olup, çıkış için ekimin yapıldığı gün ve bir hafta sonrasında yağmurlama sulama yapılmıştır. Diğer sulamalar salma sulama şeklinde yapılmıştır. Bitkiler 40-50 cm'ye ulaştığı dönemde, elle sıra arasına üst gübre olarak 5 kg/da saf azot verilerek sulamaya başlanılmıştır.

Bitkisel özelliklerin saptanması ve teorik etanol: %50 çiçeklenme gün sayısı ve ekimden hasada kadar geçen süre saptandıktan sonra hasat, salkımdaki tanelerin süt ile hamur olum dönemi arasındaki dönemde yapılmıştır (Hills, 1990; Prasad ve ark., 2007; Almodares ve ark., 2007; Subramanian, 2013). Taneleri süt ile hamur olum döneminde olan her genotip, ayrı ayrı zamanda hasat edilmiş ve ekimden hasada kadar geçen süre olarak hesaplanmıştır. Hasat sırasında her parselde rastgele seçilen ve salkım çıkararak 10 sap alınmış, etiketlenmiş ve kapalı mekana taşınmıştır (güneşten su kaybının olmaması için). Her genotip için her tekerrürden rastgele seçilen 10'ar sap toprak yüzeyinden 3-5 cm yüksekliğinde biçilmiş, bitki boyu saptanmış ve biçilen materyalde yaş ağırlık saptandıktan sonra, salkım ve yapraklar ayrılmış ve sapın ağırlığı belirlenmiştir. Hasat sırasında ayrıca her parselden tesadüf olarak 1'er bitki seçilmiş, saplar 15-20 cm büyüklüğünde parçalandıktan sonra yaş materyalin tamamı 60 °C'de kurutma dolabında yaklaşık 7-10 gün süre ile kurutulup ağırlığı sabitlendiğinde tartılıp kuru madde oranları belirlendikten sonra, kuru madde oranları ile yaş otun çarpımında kuru madde verimleri saptanmıştır. Ayrıca sapın çapı ana sapın 2. ve 3. boğum arası kumpas ile ölçülüp mm olarak kaydedilmiştir. Genotiplerin brix ve öz suyu değerlerinin saptanması için, yaprak ve salkımlarından ayrılan her genotipe ait saplar, ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Bitki başına öz suyu ve brix değerleri saptanmıştır. Birim alandaki sap sayıları ile dekara verimler saptanmıştır. Teorik şeker ve teorik etanol verimi (L/da) : [(toplam şeker / 5.68) x 3.78] x 0.80 formülü yardımıyla hesaplanmıştır (Anonim, 2010 ve Bunphan ve ark., 2015).

Varyans Analizleri JUMP istatistik programında yapılmış olup, minimum ve maksimum değerlerinin yanı sıra ortalamalar saptanmıştır.



Şekil 1. Tatlı Sorgum Bitkisinde Özsuyun Alınma İşlemleri

3. BULGULAR

Araştırmada, iki yıllık ortalamalara göre tatlı sorgum genotiplerinin önemli bazı özelliklerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerleri, Çizelge 1’de verilmiştir.

İki yıllık ortalama göre genotiplerin sırasıyla minimum, maksimum ve ortalama çiçeklenme gün sayısının 55.0- 99.1 gün arasında değiştiği ve ortalama 74.7 gün, ekimden hasada kadar geçen sürenin 98.1-134.4 gün arasında değiştiği ve ortalama ve 117.2 gün, bitki boyunun 232.2-429.3 cm arasında değiştiği ve ortalama 349.5 cm, sap çapının 22.26-26.55 mm arasında değiştiği ve ortalama 24.20 mm, sap/yaprak oranı 5.07-12.12 arasında değiştiği ve ortalama 7.79, yatma oranının 1.0-3.0 skor arasında değiştiği ve ortalama 1.49 skor olduğu saptanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tatlı sorgumda incelenen özelliklere ait iki yıllık ortalamalara göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri (n:1680).

Sıra No	İncelenen Özellik	Birimi	Min.	Max.	Ortalama
1	Çiçeklenme Gün Sayısı	Gün	55.0	99.1	74.7
2	Fizyolojik Olgunlaşma GS	Gün	98.1	134.4	117.2
3	Bitki Boyu	cm	232.2	429.3	349.5
4	Sap Çapı	mm	22.26	26.55	24.2
5	Sap/Yaprak	---	5.07	12.12	7.79
6	Yatma*	Skala	1.0	3.0	1.49
7	Sap Sayısı	Adet/da	8825	13378	11589
8	Sap Verimi	Kg/da	6902	18256	13042
9	Biyokütle (Hasıl) Verim	Kg/da	8340	21491	15386
10	Kuru Madde Verimi	Kg/da	2159	6290	4051

11	Özsu Verimi	L/da	2298	6274	4339
12	Brix (Şeker Oranı)	%	15.50	20.00	17.13
13	Şıra Verimi	L/da	379.3	996	738
14	Teorik Şeker Verimi	Kg/da	322	846	627
15	Özsu Randımanı	%	26.79	39.94	33.75
16	Teorik Etanol Verimi	L/da	202	530	393

*Yatma (Skor): 1 yatma yok, 3: %1-25 yatma

İki yıllık ortalama göre genotiplerin sırasıyla minimum, maksimum ve ortalama sap sayısının 8825-13378 adet/da arasında değiştiği ve ortalama 11589 adet/da, sap veriminin 6902-18256 kg/da arasında değiştiği ve ortalama 13042 kg/da, biyokütle (yaş verim) veriminin 8340-21491 kg/da arasında değiştiği ve ortalama 15386 kg/da olduğu, kuru madde veriminin 2159-6290 kg/da arasında değiştiği ve ortalama 4051 kg/da olduğu saptanmıştır (Çizelge 1).

İki yıllık ortalama göre genotiplerin sırasıyla minimum, maksimum ve ortalama özsu veriminin 2298-6274 L/da arasında değiştiği ve ortalama 4339 L/da olduğu, brix değerinin (şeker oranı) %15.50-20.00 arasında değiştiği ve ortalama %17.13, şıra veriminin 379.3-996 L/da arasında değiştiği ve ortalama 738 L/da olduğu, teorik şeker veriminin 322-846 kg/da arasında değiştiği ve ortalama 627 kg/da olduğu, özsu randımanının %26.79-39.94 arasında değiştiği ve ortalama %33.75 olduğu ve teorik etanol veriminin 202-530 L/da arasında değiştiği ve ortalama 393 L/da olarak saptanmıştır (Çizelge 1).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmada çiçeklenme süresi geççi olan genotiplerin, ekimden hasada kadar geçen sürelerinin de uzun olduğu, ancak geççi çeşitlerin daha yüksek bitki boyuna ve buna bağlı olarak daha fazla biyokütleyle sahip oldukları gözlemlenmiştir. Tatlı sorgum, uygun koşullarda 4-5 ay gibi yetiştirme süresinde 4.5 m ye kadar boylanmaktadır (Dweikat, 2014). Subramanian (2013), bitki boyunun 93-440 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Ayrıca bitki boyu yüksek olan genotiplerin saplarının da kalın olduğu ve birim alandaki verimlerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bitki boyu ile biyokütle verimi arasında önemli ve olumlu ilişkiler saptanmıştır (Audilakshmi ve ark., 2010; Iyanar ve ark., 2010). Bundan dolayıdır ki birim alanda yüksek sap verimi almak istendiğinde geççi, uzun boylu yüksek sap kalınlığına sahip genotiplerin tercih edilmesi önemli olacaktır. Bitki boyu yüksek olan genotiplerin daha kalın sapa sahip olduğu ve böylece birim alanda daha fazla sap verimi verdiği de bilinmektedir. Sap verimi ile bitki boyu arasında önemli ve olumlu ilişkilerinde olduğu da bildirilmektedir (Audilakshmi ve ark., 2010). Sap verimi yüksek olan genotiplerin özsu verimleri de yüksek olmaktadır. Sap verimi ile özsu verimi arasında önemli ve olumlu ilişkiler olduğu bildirilmektedir (Murray ve ark., 2009). Böylece, sap verimi yüksek genotiplerin özsu verimleri de yüksek olmaktadır. Tatlı sorgumda, yaş sap ağırlığı ile özsu verimi, brix ve sap şeker içeriği gibi özellikler biyoyakıt üretiminde en önemli özelliklerdir (Murray ve ark., 2009; Pfeiffer ve ark., 2010).

Tatlı sorgumda şeker içeriğinin çeşitlere göre değişmekle birlikte %14.32 ile 22.58 arasında değiştiği bildirilmektedir (Almodares ve Sepahi, 1996; Dweikat, 2014). Hills (1990), tatlı sorgum saplarındaki şeker içeriğinin çoğu çeşitte süt olum ile hamur olum arasında artmakta olduğunu ve daha sonra fizyolojik olgunlaşmaya doğru da azaldığını bildirmektedir. Hasat başlangıcında özsudaki şeker içeriği yaklaşık olarak %12.5 brix olup, olgunlaşma ile şeker içeriği %17 brix değerine kadar çıkabilmektedir (Prasad ve ark., 2007). Hunter ve Anderson (1997) saptaki suyun şeker içeriğinin hamur olum döneminde, süt olum dönemine göre 2 kat daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Subramanian (2013), ortalama brix değerininin % 6.2-20.7 arasında değiştiğini, şeker verimi ile özsu ve yaş sap ağırlığı arasında önemli ve olumlu ilişkinin bulunduğunu belirtmektedir. Şeker verimi yüksek olan genotiplerin etanol verimleri de yüksek bulunmuştur. Benzer bulgular, Almodares ve Hoseini (2016) tarafından da bildirilmektedir. Şeker verimi ile etanol verimi arasında olumlu ilişkilerin bulunduğu, sap özsularının %13-20 oranında fermente edilebilir toplam şeker içerdiği bildirilmiştir (Woods, 2001). Rutto ve ark. (2013), şeker veriminin çeşitlere göre değişmekle birlikte 1.2-2.4 t/ha arasında değiştiğini bildirmiştir. Zhuzhukin ve Garshin (2016), Rusya koşullarında farklı tatlı sorgum genotiplerinin şeker veriminin 1.7-2.9 t/ha arasında değiştiği bildirilmektedirler. Erdurmus ve ark. (2008), Antalya koşullarında şeker veriminin çeşitlere göre değişmekle birlikte 612 ve 6381 kg/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Uygun yetiştirme koşullarında tatlı sorgumda 13.2 t/ha toplam şeker elde edildiği ve bunun 7682 L/ha etanola eşdeğer olduğu bildirilmektedir (Murray ve ark., 2009). Korpos ve ark. (2008), Macaristan koşullarında tatlı sorgum öz suyundan 3730 L etanol, küspeden 4560 L ve toplam 8290 L/ha etanol elde edildiğini bildirmişlerdir. Rutto ve ark. (2013), etanol veriminin çeşitlere göre değişmekle birlikte 532-1544 L/ha arasında değiştiğini; Xuan ve ark. (2015), Japonya koşullarında etanol verimini 1264.6-5914 L/ha arasında değiştiği bildirmiştir. Teetor ve ark. (2011) etanol veriminin 81.1 ile 425.2 L/da arasında, Smith ve ark. (1987) etanol veriminin 2182-3664 L/ha arasında değiştiği bildirilmiştir. Rono ve ark. (2018) etanol verimi ile çiçeklenme süresi, bitki boyu, sap verimi, özsu verimi ve brix değeri arasında önemli ve olumlu ilişkilerin bulunduğunu belirtmektedirler. Suwarti ve ark. (2018), etanol verimi ile brix, özsu, toplam biomas ve sap verimi arasında olumlu ve önemli ilişkiler bulunduğunu bildirmiştir.

5. SONUÇ

Araştırmada yer alan genotiplerin biyokütle verimlerinin 8.3 ile 21.5 t/da ve teorik etanol verimlerinin ise 202-530 L/da arasında değiştiği saptanmıştır. Tatlı sorgumun, araştırmanın yürütüldüğü Adana 2.ürün koşullarında (Haziran-Ekim) biyokütle ve biyoetanol bakımından yüksek potansiyele sahip olduğu ve söz konusu ekolojilerde tatlı sorgum üretiminin yaygınlaşması ile ülkenin ihtiyacı olan biyoetanolün rahatlıkla üretileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 114O945 nolu projenin 2017 yılı Adana lokasyonunun sonuçlarını kapsamaktadır. Tübitak'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Adelekan, B.A. 2010. Investigation of ethanol productivity of cassava crop as a sustainable source of biofuel in tropical countries. *African Journal of Biotechnology*, 9(35):5643-5650.
- Almodares, A., Abdy, M., Somani, R.B., Jilani, S.K. 1999. Comparative study of sorghum sudangrass hybrids and lines for forage. *Annual Review of Plant Physiology*, 13: 6-10.
- Almodares, A., Hoseini, S.H. 2016. Effect of sowing dates and nitrogen levels for ethanol production from sweet sorghum stalks and grains. *African Journal of Agricultural Research*. 11(4):266-275.
- Almodares, A., Hotjatabdy, R.H., Mirniam, E. 2013. Effect of drought stress on biomass and carbohydrate contents of two sweet sorghum cultivars. *Journal of Environmental Biology*, 34:585-589.
- Almodares, A., Sepahi, A. (1996). Comparison among sweet sorghum cultivars, lines and hybrids for sugar production. *Annual Review of Plant Physiology*, 10:50-55.



- Almodares, A., Taheri, R., Adeli, S. 2007. Inter-relationship between growth analysis and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars and lines. *Journal of Environmental Biology*, 28:527-53.
- Anonim. 2010. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Sorgum (*sorghum spp.*), Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. <http://www.ttsm.gov.tr/TR/belge/1-296/teknik-talimatlar.html>, Ankara, son erişim tarihi:20.06.2014.
- Audilakshmi, S., Mall, A.K., Swarnalatha, M., Seetharama, N. 2010. Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose content, stalk and juice yield in sorghum. *Biomass Bioenergy*, 34:813-820.
- Bunphan, D., Jaisil, P., Sanitchon, J., Knoll, J.E., Anderson, W.F. 2015. Estimation methods and parameter assessment for ethanol yields from total soluble solids of sweet sorghum. *Industrial Crops and Products*, 63:349-356.
- Chiaromonti, D., Grassi, G., Nardi A., Grimm, H. 2004. Large bio-ethanol project from sweet sorghum in China and Italy. *Energia Transporti Agricoltura*, Florence.
- Dolciotti, I., Mambel, S., Grandi, S., Ventur, G. 1998. Comparison of two Sorghum genotypes for sugar and fiber production. *Industrial Crop Production*, 7:265-272.
- Dweikat, I. 2014. Sorghum Diversity Paper, Sweet Energy Crop Article. <http://agronomy.unl.edu/sweetsorghum>. July 7, 2014.
- Erdurmus, C., Yucel, C., Cinar, Ç., Yegin, A.B., Öten, M. 2018. Bioethanol and sugar yields of sweet sorghum. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. 7 (11):21.26.
- Gnansounou, E., Dauriat, A., Wyman, C.E. 2005. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresource Technology*, 96:985-1002.
- Hills, F.J., Lewellen, R.T., Skoyen, I.O. 1990. Sweet sorghum cultivars for alcohol production. *California Agriculture*, 44:14-16.
- Hunter, E. L., Anderson, I.C. 1997. Sweet Sorghum. *Horticultural Reviews*, 21:74-104
- Iyanar, K., Vijayakumar G., Fazlullah Khan A.K. 2010. Correlation and path analysis in multicut fodder sorghum. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(4):1006-9.
- Korpos, M.G., Feczak, J., Reczey, K. 2008. Sweet sorghum juice and bagasse as a possible feedstock for bioethanol production. *Hungarian J. of Industrial Chemistry*, 36 (1-2):43-48.
- Miller, F. R, Creelman R. A. 1980. Sorghum a new fuel. In: Proc. 35th Ann. Corn & Sorghum Research Conf. Am. Seed Trade Assoc. , Washington, DC.
- Murray, S.C., Rooney, W.L., Martha, T., Hamblin, M.T., Sharon, E., Mitchell, S.E., Kresovich, S. 2009. Sweet sorghum genetic diversity and association mapping for brix and height. *Plant Genome*, 2:48-62.
- Nahar, K. 2011. Sweet sorghum: An alternate feedstock for bioethanol. *Iranica Journal of Energy and Environment*, 2:58-61.
- Negro, M.J., Solano, M.L., Ciria, P., Carrasco, J. 1999. Composting of sweet sorghum bagasse with other wastes. *Bioresource Technology*. 67:89-92.
- Pfeiffer, T.W., Bitzer M.J., Toy J.J., Pedersen J.F. 2010. Heterosis in sweet sorghum and selection of a new sweet sorghum hybrid for use in syrup production in Appalachia. *Crop Science*, 50:1788-1794.
- Prasad, S., Singh, A., Jain, N., Joshi, H.C. 2007. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuels in India. *Energy & Fuels*, 21:2415-2420.



- Reddy, B.V.S., Ramesh, S., Reddy, P.S., Ramaiah, B., Salimath, P.M., Kachapur, R. 2005. Sweet sorghum potential alternate raw material for bio-ethanol and bioenergy. *International Sorghum and Millets Newsletter*, 46:79-86.
- Rono, J.K., Cheruiyot, E.K., Othira, J.O., Njuguna, V.W. 2018. Cane yield and juice volume determine ethanol yield in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *International Journal of Applied Science*, 1(2); <https://doi.org/10.30560/ijas.v1n2p29>.
- Rutto, L. K., Xu, Y., Brandt, M., Ren, S., Kering, M. K. 2013. Juice, ethanol, and grain yield potential of five sweet sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) cultivars. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems* 3:113-118.
- Smith, G., Bagby, M., Lewellan, R., Doney, D., Moore, P., Hills, F., Campbell, L., Hogaboam G., Coe, G., Freeman, K. 1987. Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Science*, 27:788-793.
- Subramanian, S.K. 2013. Agronomical, physiological and biochemical approaches to characterize sweet sorghum genotypes for biofuel production. M.S., Tamil Nadu Agricultural University, India, 2003. An abstract of a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree, Doctor of Philosophy. Department of Agronomy College of Agriculture. Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- Suwarti, Efendi, R., Massinai, R., Pabendon, M.B. 2018. Evaluation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. [Moench]) on several population density for bioethanol production. *Earth and Environmental Science*, 141, 012032 doi :10.1088/1755-1315/141/1/012032.
- Teetor, V.H., Duclos, D.V., Wittenberg, E.T., Young, K.M., Chawhuaymak, J., Riley, M.R. and Ray, D.T. 2011. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*, 34(2):1293-1300.
- Wang, F., Liu, C.Z. 2009. Development of an economic refining strategy of sweet sorghum in the Inner Mongolia region of China. *Energy Fuels*, 23:4137-4142.
- Woods, J. 2001. The potential for energy production using sweet sorghum in Southern Africa. *Energy for Sustainable Development*, 5:31-38.
- Xuan, T.D., Phuong, N.T., Khang, D.T., Khanh, T.D. 2015. Influence of sowing times, densities, and soils to biomass and ethanol yield of sweet sorghum. *Sustainability*, 7:11657-11678; doi:10.3390/su70911657.
- 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.
- Zhuzhukin, V. I., Garshin A. Yu., 2016. Biochemical composition of the aboveground sweet sorghum biomass under the dry weather conditions of the Volga region. *Russian Agricultural Sciences*, 42 (2):124-126.