



## Effect of different nitrogen and potassium levels on ethanol yield and some yield parameters of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*)<sup>#</sup>

Shiva Sadighfard<sup>1,a,\*</sup>, Hakan Geren<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 60250 Tokat, Türkiye

<sup>2</sup>Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 35040 Bornova/Izmir, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><sup>#</sup>This article is a part of the first author's doctoral thesis. Research Article</p> <p>Received : 18/07/2022 Accepted : 05/09/2022</p> <p><b>Keywords:</b> Nitrogen Ethanol Yield Juice yield Potassium Sweet sorghum</p>	<p>Sweet sorghum, which is one of the bioethanol sources, has been increasing in importance in recent years. It is used in the production of bioethanol due to the high content of sugar in it. This study were carried out at Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Izmir/Turkey on the experimental fields, two-factor coincidence plots were carried out in the form of a three-repeated potting experiment according to the trial pattern during the summer growth seasons of 2013 and 2014. Effects of different nitrogen (0, 50, 100, 150, 200 N/ha) and potassium (0, 50, 100, 150 kg K<sub>2</sub>O/ha) levels of on ethanol yield of sweet sorghum were investigated, in the experiment. N was applied in two equal doses in the experiment. K<sub>2</sub>O was mixed with soil and supplied as a single application. Some parameters were tested in the experiments such as stalk and juice yield, sugar content and theoretical ethanol yield. Results indicated that the effects of N and K treatments on all characteristics tested were significant. Application of the higher rates of N and K increased the ethanol yields compared to the control treatment. Based on these results the combination of N150-K100 were proved to be the best fertilizer level for ethanol yields of sweet sorghum grown under Mediterranean ecological conditions of Izmir.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(9): 1769-1777, 2022

## Tatlı Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*)'da Farklı Azot ve Potasyum Seviyelerinin Etanol Verimi ve Bazı Verim Özelliklerine Etkisi<sup>#</sup>

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><sup>#</sup>Bu makale birinci yazarın doktora tezinin bir kısmından üretilmiştir.</p> <p>Geliş : 18/07/2022 Kabul : 05/09/2022</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Azot Etanol Verimi Özsu verimi Potasyum Tatlı sorgum</p>	<p>Biyoetanol kaynaklarından biri olan tatlı sorgum son yıllarda önemi giderek artmaktadır. İçerdiği yüksek orandaki şeker nedeni ile biyoetanol üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışma, 2013 ve 2014 yılları arasında, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nün deneme tarlalarında, iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede farklı azot (0, 50, 100, 150, 200 kg N/ha) ve potasyum (0, 50, 100, 150 kg K<sub>2</sub>O/ha) seviyelerinin tatlı sorgumda etanol verimi üzerine etkilerini araştırılmıştır. Azotlu gübreler iki eşit dozda uygulanırken, potasyum tek seferde ekimle beraber toprağa karıştırılarak uygulanmıştır. Çalışmada, sap ve özsu verimi, şeker oranı ve teorik etanol verimi gibi özellikler test edilmiştir. Sonuçlar, azot ve potasyum uygulamaların tüm özellikler üzerinde önemli etkilerinin bulunduğunu göstermiştir. Yüksek N ve K uygulamaları, kontrol uygulamasına göre etanol verimini yükseltmiştir. N150-K100 kombinasyonu Akdeniz ekolojik koşullarındaki İzmir'de, tatlı sorgumun etanol verimini yükselten en iyi gübre seviyesi olduğu ortaya çıkmıştır.</p>

<sup>a</sup> [shiva.sadighfard@gop.edu.tr](mailto:shiva.sadighfard@gop.edu.tr)

<sup>id</sup> <http://orcid.org/0000-0003-0617-4856>

<sup>b</sup> [hakan.geren@ege.edu.tr](mailto:hakan.geren@ege.edu.tr)

<sup>id</sup> <http://orcid.org/0000-0003-0426-1120>



## Giriş

Son zamanlarda, iklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle sorgum bitkisi bir C4 bitkisi olarak insan gıdası, hayvan yemi ve enerji üretimi için, alternatif biokütle kaynağı olarak kullanılmaktadır (Dar ve ark., 2018; Visarada ve Aruna, 2019; Gyawali ve ark., 2021). Biyoyakıt hammadde üretim sistemlerinin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik için toprak ve gübre kaynaklı besinleri verimli bir şekilde kullanması gerekir. Azot ve potasyum bitki gelişmesinde hayati fonksiyona sahip bir bitki besin maddeleridir (Irshad ve ark., 2022; Stals ve Inze, 2011). Son zamanlarda yüksek biyokütleyle sahip olan Tatlı Sorgum (*Sorghum bicolor* Moench var *saccharatum*) düşük N gübre girdisinde yüksek azot (N) kullanım verimliliği ile bilinmektedir (Michael ve ark., 2020). Geren ve ark. (2011), Bornova ekolojik koşullarında yürüttükleri çalışmada, ikinci ürün koşullarında tatlı sorgumun yöre koşullarına oldukça iyi adapte olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, özsu veriminin 1,3 litre/m<sup>2</sup>, teorik etanol veriminin 83,1 ml/m<sup>2</sup> olduğu ifade etmişlerdir. Khaled (2013), farklı tatlı sorgum çeşitlerinde N gübresinin dozunu artmasıyla birlikte özsu verimi, şeker oranı, fermente edilebilir şeker verimi ve etanol verimi arttığını saptamıştır. N150 uygulamasının, kontrol (N0) uygulamasına göre özsu verimi ve etanol verimini sırasıyla %67 ve %81 oranında arttırdığını ifade eden araştırmacı; N0 uygulamasında %17,8 olan şeker oranının N100 uygulamasında %18,5'e yükseldiği, ancak N150 uygulamasında yine azaldığını vurgulamıştır. Ricaud ve Arceneaux (1990), tatlı sorgum bitkisinde en yüksek sap verimi, şeker oranı ve etanol verimini (20-0-9) kg/da NPK uygulamasından elde etmişlerdir. Almodares ve ark. (2007), tatlı sorgum bitkisinde en yüksek şeker oranının 20 kg/da N gübre uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Kumar ve ark. (2008), en yüksek yapraksız sap verimi ve özsu verimi ve şeker oranını 120 kg/da N uygulamasında elde edildiğini belirtmişlerdir. Poornima ve ark. (2008), Tatlı sorgum bitkisinde uyguladıkları farklı N seviyelerinde, N0 dozunda 9370 litre/ha olan özsu veriminin (brix: %13,4), N150 ve N120 dozlarında sırasıyla 13210 litre/ha (brix: %16,9) ve 13070 litre/ha (brix: %16,5)'a yükseldiğini, fakat aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmadığını da vurgulamışlardır. Zhao ve ark. (2009), tatlı sorgumda yaptıkları çalışmada toplam şeker veriminin %80-95'inin saptan kaynaklandığını ayrıca biyokütle verimi ve şeker oranı üzerinde yıl etkisinin de oldukça önemli payı bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Chavan ve ark. (2009), tatlı sorgumda yaptıkları çalışmada bitkilerin %50 çiçeklenmesinden 30 gün sonra (sert hamur olum dönemi) en yüksek şeker oranı ve verimine sahip olduklarını vurgulamışlardır. Tamang ve ark. (2011), tatlı sorgum

çeşitlerinde yaptıkları çalışmada en yüksek etanol verimi ve şeker oranının sırasıyla 101 kg/ha ve 134 kg/ha N uygulamasından elde edildiğini saptamışlardır. Sawargaonkar ve ark. (2013), tatlı sorgum bitkisinde uyguladıkları farklı azot dozlarında en yüksek şeker oranı, özsu verimi, etanol verimini 150 kg/ha azot dozundan elde ettiklerini vurgulamışlardır. Michael ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada tatlı sorgum bitkisinde en yapraksız sap verimi, yüksek özsu verimi ve teorik biyoetanol verimini uyguladıkları 168 kg/ha azot uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Gajanan ve ark. (2016), tatlı sorgum bitkisinde farklı azot dozlarının şeker oranı, özsu verimi ve etanol verimi üzerine önemli etkisinin bulunduğu araştırmada, en yüksek şeker oranı, özsu verimi ve etanol verimini N150 kg/ha dozundan elde ettiklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmanın amacı; İzmir ekolojik koşullarında farklı N ve K seviyelerinin tatlı sorgum bitkisinde etanol verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisini saptamaktır.

## Materyal ve Yöntem

Deneme; 2013 ve 2014 yıllarının yaz döneminde, 2 yıl süreyle, İzmir ili, Bornova ilçesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nün deneme tarlalarında (dış ortam) saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Deneme yerinin iklim özellikleri, İzmir Meteoroloji Bölge İstasyonu'ndan elde edilen iklim verilerinden yararlanılarak belirlenmiştir (Anonim, 2013; Anonim, 2014). Denemenin yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarının Haziran-Ekim ayları ve son 20 Yıllık (1989-2009) ortalamalara ait hava sıcaklığı ve aylık toplam yağışa ilişkin veriler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Denemede kullanılan toprak özelliklerini saptamak amacıyla alınan toprak örnekleri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda fiziksel ve kimyasal analize tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de belirtilmiştir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi örneklerin kireç yüzdesi; toprağın kireççe fakir olduğunu göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda tespit edilen suda eriyebilir tuz değerleri; tuzun bitki yetiştirmede sorun oluşturmayacağını göstermektedir.

Toprak özelliklerine ilişkin elde edilen diğer bulgular; deneme toprağının organik madde ve toplam azotça fakir düzeyde, faydalı P, K ve Ca miktarı bakımından sırasıyla fakir, noksan ve alt sınıra yakın normal olduğunu ortaya koymuştur (Kovancı, 1990). Bir başka ifadeyle, saksı denemesinde kullanılan toprak özellikleri, uygulanan N ve K seviyelerine olumlu tepki vereceği belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırma Yerinin Bazı İklim Verileri.

Table 1. Some Climate Data of the Research Site.

	2013		2014		Çok Yıllık Ortalama	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)
Haziran	25,7	20,1	23,8	75,2	26,0	7,5
Temmuz	28,4	0	26,8	16,0	28,3	2,1
Ağustos	28,7	20,2	28,3	6,0	27,9	1,7
Eylül	24,0	5,1	23,0	18,6	23,9	19,9
Ekim	17,2	94,1	18,8	49	19,1	43,2
X - Σ	24,8	139,5	24,1	164,8	25,0	74,4

Çizelge 2. Araştırma Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Table 2. Some Physical and Chemical Properties of Experimental Soil

Özellikler	Değer
Kum (%)	80,2
Kil (%)	1,8
Mil (%)	18,0
Bünye	Tınlı kum
pH	5,83
Eriyebilir Toplam Tuz (%)	0,03
Kireç (%)	0,82
Organik Madde (%)	1,27
Toplam Azot (%)	0,092
Faydalı Fosfor (ppm)	1,14
Faydalı Potasyum (ppm)	40
Faydalı Kalsiyum (ppm)	1450

Araştırma alanının gerek iklim ve gerekse toprak özellikleri, araştırmamızda materyal olarak kullanılan tatlı sorgum bitkisinin, gerekli bakım (sulama, vb.) ve gübreleme işlemleri sonrası yetiştiricilik açısından kısıtlayıcı bir etki göstermemiştir. Denemede, “Keller” isimli tatlı sorgum genotipi kullanılmıştır. Deneme iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak düzenlenmiştir ve 5 farklı azot (N0:0, N5:50, N10:100, N15:150 ve N20:200 kg/ha) ile 4 değişik potasyum (K0:0, K5:50, K10:100 ve K15:150 kg/ha) seviyesinin etkisi incelenmiştir. Çalışmada 5×4×3=60 adet saksı kullanılmıştır. Denemede azot seviyesinin yarısı ekimle birlikte (üre), kalan yarısı ise, bitkiler 40-50 cm kadar boylandığında (amonyum nitrat) uygulanmıştır. Potasyum (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) seviyelerinin hepsi ekimle birlikte, tohumların 4-5 cm altına verilmiştir. Azot ve potasyum seviyelerinin incelendiği denemede tüm saksılara (kontrol dahil) 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanmıştır. Tatlı sorgum tohumları, her iki yıl 27 Haziran tarihinde ekilmiş ve tüm saksılar tarla kapasitesi kadar çeşme suyuyla sulanmıştır. Çıkışı garanti altına almak için her saksıya beş adet tohum ekimi yapılmış olup, bitkiler 8-10 boylandığında en kuvvetli olan iki bitki tartılarak diğerleri yok edilmiştir. 4-5 günde bir saksılar tartılarak ve topraktaki su, tarla kapasitesinin %50'nin altına düştüğünde çeşme suyu ile sulama işlemi yapılmıştır. Tüm saksılar, zemine serilmiş naylon branda üzerine yerleştirilmiştir. Saksı içinde çıkan yabancı bitkiler elle temizlenmiş, tatlı sorgum bitkisinin su ve besin maddesine ortak edilmemiştir.

Tatlı sorgumda etanol verimi ve ona etki eden özellikleri incelemek için salkımdaki tanelerin sarı olum (hamur olum) dönemi başlangıcında (Ağustos ayının birinci haftasının sonu) biçilmiştir (Chavan ve ark., 2009). Hasat edilen bitkiler laboratuvara taşınmış ve bitkilerin yapraksız sap verimi, öz su verimi, şeker oranı, şeker verimi ve teorik etanol verimi ölçülüp hesaplanmıştır. Yapraksız sap veriminin hesaplanması için yaprak ve salkım içermeyen sapların yaş ağırlıkları saptanmıştır (Anonim, 2010). Özsu veriminin (l/saksı) hesaplanması için bitkilerin yaprakları soyulmuş ve çiçek salkımı kesilmiş sap örnekleri, sap parçalayıcı-doğrayıcı ile parçalanarak; preslenip sırası (özsu) çıkarılmış, dereceli ölçü silindiri ile ölçülerek verimi hesaplanmıştır (Anonim, 2010). Şeker oranı (%), brix) ise preslenip sırası alınan örnekte

refraktometre aleti yardımıyla briks derecesi belirlenmiştir (Anonim, 2010). Özsu verimi ve şeker oranının çarpılmasıyla şeker verimi hesaplanmıştır (Anonim, 2010). Teorik etanol verimi, Anonim (2010)'da bildirilen formüle (ETOH= [(toplam şeker verimi/5,68) × 3,78] × 0,8) göre hesaplanmıştır. Elde edilen veriler iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıklar LSD testi (0,01) ile gruplandırılarak ve her çizelgenin alt bölümünde sunulmuştur.

## Bulgular ve Tartışma

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin yapraksız sap verimine etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3'ün 2013 yetiştirme dönemi incelendiğine, rakamsal olarak en yüksek yapraksız sap verimi 276,7 g/bitki ile N15-K10 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük yapraksız sap verimi ise 165,8 g/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir. 2014 yetiştirme döneminde ise, rakamsal olarak en yüksek yapraksız sap verimi 271,3 g/bitki ile N15-K15 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük yapraksız sap verimi değeri 149,3 g/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmamızın her iki yıl tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0'dan N20 seviyesine kadar yükseldiğinde yapraksız sap veriminin arttığı saptanmıştır. Ancak her iki yılda, N15 ile N20 seviyeleri arasında istatistikî açıdan önemli bir fark belirlenmemiştir. Diğer taraftan, bitkilere uygulanan potasyum seviyesi her iki yılda K0'dan K10 seviyesine yükseldiğinde yapraksız sap verimi arttığı ancak K15 seviyesinde çok hafifçe düştüğü belirlenmiş, ancak bu düşüşün istatistikî olarak bir anlam ifade etmediği belirlenmiştir. Genel olarak çalışmamızda yapraksız sap verimine ilişkin hem azot hem de potasyum seviyeleri içinde bir kırılma noktası belirlenmiştir ki, bunlar N15 ve K10 seviyeleri olarak ortaya çıkmıştır.

Yapraksız sap verimi, tatlı darı bitkisinden elde edilen şıra (özsu) verimini etkilemekte ve yüksek değerler içermesi arzu edilmektedir. Ricaud ve Arceneaux (1990) tarafından Louisiana-ABD koşullarında yürütülen bir çalışmada, tatlı sorgumda beş farklı kompoze gübre (NPK) dozunun (0-0-0, 10-0-0, 20-0-0, 20-0-9, 20-0-18 kg/da) yapraksız sap verimi üzerinde önemli etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir. Kontrol (0-0-0 NPK) uygulamasında 109 kg/da olan yapraksız sap veriminin, 20-0-9 kg/da NPK uygulamasında en yüksek ve 272 kg/da'a yükseldiğini belirtmişlerdir. Almodares ve ark. (2007) Isfahan koşullarında tatlı sorguma verilen azot miktarı ve şekline göre yapraksız sap verimlerinin de 3235-6285 kg/da arasında değiştiğini vurgulamışlardır. Aynı ekolojik koşullarında çalışan Almodares et al. (2008), tatlı sorguma uygulanan farklı azot (0, 9, 18 kg N/da) ve potasyum (0, 5, 10 kg K/da) dozlarının yapraksız sap verimi üzerinde önemli etkilerinin bulunduğunu ve Keller isimli tatlı sorgumdan en yüksek yapraksız sap verimi alabilmek için dekara 18 kg azot ile birlikte 5 kg potasyum uygulanmasının gerektiğini ifade etmişlerdir. Buna karşılık Güler ve ark. (2003) ise Ankara koşullarında sorgumda N dozunun artmasıyla (0, 10, 20 kg/da) sap ağırlığının (291-270 g/bitki) düştüğünü saptamışlardır.

Çizelge 3. 2013-2014 gelişme döneminde N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda yapraksız sap verimine (g/bitki) etkileri  
Table 3. Effects of N and K levels on leafless stem yield (g/plant) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	165,8	182,5	194,2	185,8	182,1
	N-5	197,5	198,3	245,0	245,0	221,5
	N-10	200,8	212,5	257,5	250,0	230,2
	N-15	214,2	230,0	276,7	262,6	245,9
	N-20	227,5	241,7	258,3	256,7	246,0
	Ortalamalar	201,2	213,0	246,3	240,0	225,1
	LSD (1%)	N:9,318	K:8,334	NxK:18,636	CV(%):3,74	
2014	N-0	149,3	169,7	185,0	187,0	172,8
	N-5	170,3	185,3	234,3	230,3	205,1
	N-10	184,7	198,7	248,3	244,7	219,1
	N-15	198,0	216,7	268,0	271,3	238,5
	N-20	210,7	228,3	249,7	248,7	234,3
	Ortalama	182,6	199,7	237,1	236,4	214,0
	LSD (1%)	N:8,110	K:7,254	NxK:16,221	CV(%):3,43	

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre  $P \leq 0,01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Çizelge 4. 2013-2014 gelişme döneminde farklı N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda özsu verimine (ml/bitki). etkileri  
Table 4. Effects of different N and K levels on the juice yield (ml/plant) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period.

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	101,3	121,0	134,0	132,4	122,2
	N-5	141,7	146,7	184,0	194,5	166,7
	N-10	151,6	163,9	206,1	200,7	180,6
	N-15	165,9	178,2	227,7	208,9	195,2
	N-20	176,2	190,4	217,6	211,8	199,0
	Ortalamalar	147,3	160,1	193,9	189,7	172,7
	LSD (1%)	N:10,525	K:9,414	NxK:21,051	CV(%):5,52	
2014	N-0	91,5	104,3	125,8	132,6	113,5
	N-5	107,5	120,3	176,5	164,4	142,2
	N-10	118,9	132,1	187,4	181,8	155,0
	N-15	130,5	150,0	212,8	225,0	179,6
	N-20	139,5	162,7	197,0	207,1	176,6
	Ortalama	117,6	133,9	179,9	182,2	153,4
	LSD (1%)	N:8,110	K:7,254	NxK:16,221	CV(%):3,43	

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre  $P \leq 0,01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Girgin (2012), Bornova ekolojik koşullarında, yazlık ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı azot dozlarının (0-7,5-15-22,5-30-37,5 kg/da N) yapraksız sap verimine etkisini incelediği çalışmada, kontrolden itibaren artan dozlarda uygulanan azotun yapraksız sap verimi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmadığını ancak rakamsal olarak en yüksek yapraksız sap verimi 22,5 kg/da N uygulamasından sağlandığını bildirmiştir. Laban ve ark. (2013) tarafından Virginia/ABD koşullarında yürütülen bir çalışmada, farklı tatlı sorgum çeşitlerinin yapraksız sap verimlerinin (2,64-5,1 ton/da) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çalışmamızda saptanan bulgulara ek olarak, yukarıdaki araştırmacıların sonuçları da, tatlı sorgum bitkisinin yapraksız sap verimi üzerinde, öncelikle genotip, daha sonra da uygulanan tarımsal işlemlerin (ekim zamanı, bitki sıklığı, gübre dozu ve uygulama zamanı ile formu, vb.) büyük etkisinin olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Dahmardeh ve ark. (2015) İran ekolojik koşullarında yetiştirilen yemlik sorguma uygulanan farklı potasyum (0, 5, 10, 15 kg/da) dozlarının, sap verimi üzerine önemli etkisinin olduğunu belirtmişler, ancak dekara 10 kg K ile 15 kg potasyum uygulaması arasında önemli bir fark olmadığını da ifade etmişlerdir.

Dış ortam koşullarında ve saksı denemesi şeklinde yürüttüğümüz bu çalışmada, her iki yıl, tatlı sorguma uygulanan N15 ile K10 seviyelerinde en yüksek yapraksız sap verimi saptanmıştır ki, bu parametre özsu ve etanol verimini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Tatlı sorgum bitkisinin yapraksız sapları mekanik olarak sıkıldıktan sonra, bir başka ifadeyle, sapın içindeki özsu alındıktan sonra kalan posadan da kaliteli silo yemi elde edildiği birçok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir (Almodares ve ark., 2008; Girgin, 2012; Geren ve ark., 2013).

Çalışmamızda incelenen besin elementlerinin (N ve K) tatlı sorgumun yapraksız sap verimi üzerine olan etkileri, diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olmasına karşılık, verimlere ilişkin sayısal değerlerimiz çok farklıdır. Bu farklılığın temel nedeni denemelerin farklı ortamlarda (saksı, tarla, vb) ve ekolojilerde yürütülmesinden kaynaklanmaktadır.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin özsu verimine etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4'teki veriler incelendiğinde, 2013 yetiştirme döneminde, rakamsal olarak en yüksek özsu verimi 227,7 ml/bitki ile N15-K10 kombinasyonundan elde edilirken, en

düşük özsü verimi değeri 101,3 ml/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir. 2014 yetiştirme döneminde ise, yine rakamsal olarak en yüksek özsü verimi 225,0 ml/bitki ile N15-K15 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük özsü verimi değeri 91,5 ml/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, her iki yıl tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0'dan N20 seviyesine kadar arttığına, özsü verimlerinin de yükseldiği saptanmıştır, sadece ikinci yıl N15'ten N20 seviyesine geçişte çok az düşmüş olup, bu azalma istatistikî bakımdan önem taşımamaktadır. Diğer taraftan, bitkilerimize birinci yıl uygulanan potasyum seviyesi K0'dan K10 seviyesine yükseldiğinde özsü verimin arttığı, ancak K15 seviyesinde hafifçe düştüğü saptanmıştır. İkinci yılda K0'dan K15 seviyesine kadar artan seviyenin özsü verimini de sürekli olarak yükselttiği belirlenmiştir. Ne var ki, K15 ile K10 seviyeleri arasında istatistikî bakımdan fark ortaya çıkmamıştır. Genel olarak çalışmamızda özsü verimine ilişkin hem N, hem de K seviyeleri içinde bir kırılma noktası belirlenmiştir ki, bunlar K10 ve N15 seviyeleri olarak ortaya çıkmıştır.

Michael ve ark. (2016) tarafından Missouri/ABD ekolojik koşullarında yürütülen bir çalışmada, azot dozlarının (0, 56, 112, 168, 224 kg/ha) özsü verimi üzerinde önemli etkilerinin saptandığı bildirilmiş ve 1055 litre/ha'lık en yüksek özsü veriminin, 168 kg/ha N uygulamasından elde edildiği belirtilmiştir. Girgin (2012), Bornova ekolojik koşullarında, yazlık ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı azot dozlarının (0-7,5-15-22,5-30-37,5 kg/da N) özsü verimine etkisini incelediği çalışmasında, kontrol uygulamasında dekarda 1158 litre olarak belirlenen özsü veriminin, 22,5 kg/da N uygulamasında 1853 litreye yükseldiğini, ancak sonraki N seviyesinde düştüğünü belirtmiştir. Chavan ve ark. (2009) Hindistan ekolojik koşullarında farklı tatlı sorgum genotiplerinin özsü verimlerinin 269-1137 litre/da arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Gajanan ve ark. (2016) Hindistan koşullarında tatlı sorgum uygulanan azot N0 dozundan dekara 15 kg'a yükseltildiğinde, 15,74 t/ha olan özsü veriminin 23,02 t/ha'a çıktığı bildirilmiştir. Aynı ekolojide çalışan Sawargaonkar ve ark. (2013) ise tatlı sorgum çeşitlerine uygulanan azot seviyesinin 0 kg/da'dan 15 kg/da'a çıkarılması durumunda 9,7 t/ha olan özsü veriminin 16,4 t/ha'a yükseldiğini belirtmişlerdir.

Aynı ekolojik koşullarda çalışan yukarıdaki araştırmacılara ait sonuçların birbirinden farklı olması kullanılan çeşitlerin ve uygulanan tarımsal işlemlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Burada göze çarpan husus, N15 dozunda kaydedilen özsü veriminin N0 dozunun iki katı bile olamamasıdır. Halbuki çalışmamızda en yüksek özsü veriminin saptandığı N-K kombinasyonu, en az verimin saptandığı NOK0 dozunun iki katından fazla hatta üç katına yakın sonuç sağlamıştır.

Tatlı sorgum gibi saptandan özsü elde edilen bitkilerden biri olan şeker kamışında (*Saccharum officinarum*), artan potasyum dozlarının özsü verimini yükselttiği, ancak 10 kg/da K uygulaması ile 15 kg/da K uygulaması arasında gerek özsü, gerekse şeker oranı bakımından önemli bir fark olmadığı Kee Kwong (2012) tarafından bildirilmiştir. Benzer durum çalışmamızda da saptanmış olup, birinci yıl tatlı sorgum bitkilerine uygulanan potasyum seviyesi

K0'dan K10 seviyesine yükseldiğinde özsü veriminin arttığı, ancak K15 seviyesinde hafifçe düştüğü saptanmıştır. İkinci yılda K0'dan K15 seviyesine kadar artan seviyenin özsü verimini de sürekli olarak yükselttiği belirlenmiştir, fakat K15 ile K10 seviyeleri arasında istatistikî bakımdan fark ortaya çıkmamıştır.

Bilindiği gibi, bitkinin yetiştirildiği ortamda potasyumun fazla miktarda olması, bitki açısından olumsuz bir etki oluşturmamaktadır. Hatta bitkinin potasyuma gereksinimi olmasa bile bitki tarafından alınıp biriktirildiğinden, bu durum lüks tüketim olarak isimlendirilmektedir. Fakat bitkide yüksek miktarda potasyum depolanması da, diğer elementlerin (özellikle Mg) alımını azaltmaktadır (Kacar, 1986; Kacar ve Katkat, 1999). Dış ortam koşullarında ve saksı denemesi şeklinde yürüttüğümüz bu çalışmada, her iki yıl, tatlı sorguma uygulanan N15 ile K10 seviyelerinde en yüksek özsü verimi saptanmıştır ki, bu parametre, içindeki şeker oranıyla birlikte etanol verimini etkileyen en önemli unsurlardan biridir (Almodares ve ark., 2008; Geren ve ark., 2013). Çalışmamızda incelenen besin elementlerinin (N ve K) tatlı sorgumun özsü (şıra=şurup, vb. olarak da isimlendirilmektedir) verimi üzerine olan etkileri, diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olmasına karşılık, verimlere ilişkin sayısal değerlerimiz çok farklıdır. Bu farklılığın temel nedeni denemelerin farklı ortamlarda (saksı, tarla, vb) ve ekolojilerde yürütülmesinden kaynaklanmaktadır.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, farklı N ve K seviyelerinin şeker oranına etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 5'te sunulmuştur.

Çizelge 5'in verileri incelendiğinde, 2013 yetiştirme döneminde farklı azot seviyesi uygulamalarının etkisiyle 4 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek şeker oranı değeri %17,3 ile N0 uygulamalarından elde edilirken, en düşük şeker oranı %13,6 ile N20 uygulamasından elde edilmiştir. Farklı potasyum ortalamaları arasında ise 2 farklı grup oluşmuş ve rakamsal olarak en yüksek şeker oranı değeri %16,2 ile K15, en düşük şeker oranı değeri ise %15,1 ile K5 uygulamasında sağlanmıştır.

2014 yetiştirme döneminde farklı azot dozu uygulamalarının etkisiyle 3 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek şeker oranı değeri sırasıyla N0 (%18,8) uygulamasında saptanırken, en düşük şeker oranı değeri N15 (%16,1) seviyesinde belirlenmiştir. İkinci yıl K seviyesi genel ortalaması ise %17,0 olarak kaydedilmiştir.

Çalışmamızın her iki yılında da, tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0 seviyesinden N20 seviyesine kadar yükseltildiğinde, özsü içindeki şeker oranı değerinin düştüğü saptanmıştır. Bir başka ifadeyle, hiç azot verilmeyen (N0) bitkilerde en yüksek şeker oranı saptanırken, dekara 5 kg olarak eklenen her bir N uygulaması, bitki özsüyündeki şeker oranının düşmesine neden olmuştur.

Çalışmamızda bitkilere uygulanan azot dozları yükseldikçe, saptan sıklıkla özsüdeki şeker oranlarının azaldığı açıkça saptanmıştır. Nitekim Ricaud ve Arceneaux (1990) Louisiana koşullarında tatlı sorgum bitkisine uygulanan N miktarının artması durumunda özsü içindeki şeker oranının %16'dan %11'e düştüğünü bildirmesi, Girgin (2012)'nin tatlı sorgumda, en yüksek şeker oranını

%17,3 ile 0 kg/da N (Kontrol), en düşük şeker oranı %14,7 ile 37,5 kg/da azot uygulamasından sağlandığını belirtmesi, diğer taraftan da pek çok araştırmacının (Kacar, 1986; Kacar ve Katkat, 1999) bitkilere uygulanan azotlu gübrenin şeker oranını düşürdüğünü belirtmeleri, bulgularımızı desteklemektedir.

Buna karşılık Hindistan ekolojik koşullarında çalışan Gajanan ve ark. (2016), tatlı sorgum uygulanan azot N0 dozundan dekara 15 kg'a yükseltildiğinde, %14,2 olan şeker oranının %17,4'e yükseldiğini bildirmiştir. Aynı ekolojide çalışan Sawargaonkar ve ark. (2013) ise tatlı sorgum çeşitlerine uygulanan azot seviyesinin 0 kg/da'dan 15 kg/da'a çıkarılması durumunda %10,8 olan şeker oranının %15,1'e yükseldiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, bulgularımızla çelişmektedir. Khaled (2013), Hindistan ekolojik koşullarında N0 uygulamasında %17,8 olan şeker oranının dekara 10 kg N uygulamasında tepe noktasına (%18,5) ulaştığını, fakat 15 kg N uygulamasında düştüğünü bildirmiştir. Bu çalışmada N0 uygulamasındaki şeker oranının bile %17,8'lik bir değere ulaşması hemen göze çarpmaktadır.

Diğer taraftan birinci yılda bitkilere uygulanan potasyum seviyesinin artışıyla (K0'dan K15'e) şeker oranı yükselmiş, ancak K10 ile K15 arasında istatistikî olarak önemli bir fark olmadığı saptanmıştır. İkinci yıl ise, şeker oranı üzerine potasyum seviyelerinin önemli bir etkisi bulunmamış, ancak K0'dan K15 uygulamasına doğru, şeker oranlarının hafifçe yükseldiği saptanmıştır.

Benzer şekilde, yine pek çok araştırmacı (Kacar, 1986; Kacar ve Katkat, 1999), bitkinin farklı organlarına (kök, sap, yaprak, meyve, vb.) depolanan şeker miktarı üzerine, potasyum alımının olumlu etkisinin olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, belirli bir seviyeye kadar artan potasyumun şeker oluşumunu teşvik ettiği, ancak daha sonra lüks tüketim nedeniyle şeker birikimi üzerinde önemli etkisinin bulunmadığını vurgulamışlardır. Hatta Watanabe ve ark. (2016), şeker kamışında potasyum formunun şeker birikimi üzerine önemli etkisinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, aynı seviyede potasyum uygulanan bitkilere K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> veya KCl uygulamaları arasında fark olduğunu ve K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ün şeker oranı üzerinde daha olumlu etkiye yol açtığını saptamışlardır. Sudama et al. (1998) ise su kıtlığı altında

yetiştirilen şeker kamışında artan K dozlarının şeker oranını ve verimini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Ricaud ve Arceneaux (1990) Louisiana-ABD koşullarında tatlı sorguma uygulanan farklı kompoze gübre (NPK) dozunun (0-0-0, 10-0-0, 20-0-0, 20-0-9, 20-0-18 kg/da) şeker oranı 20-0-9 kg/da NPK seviyesine kadar önce yükselttiğini sonra düşürdüğünü vurgulamışlardır.

Dış ortam koşullarında ve saksı denemesi şeklinde yürüttüğümüz bu çalışmada, her iki yıl, tatlı sorguma uygulanan azot seviyesi arttıkça özsu içindeki şeker oranı azalmış, buna karşılık potasyum seviyesi arttıkça şeker oranının da yükseldiği fakat K10 ile K15 arasında istatistikî anlamda bir farkın olmadığı saptanmıştır. Bilindiği gibi şeker oranı da etanol verimini etkilemektedir (Almodares ve ark., 2008; Geren ve ark., 2013). Tatlı sorgum saplarından sıkılan özsu içindeki şeker oranı kadar, onun bileşenleri de çok önemlidir. Zira tatlı sorgum şekeri kristalize edilip, pancar veya kamış şekeri gibi insan beslenmesinde de kullanılabilir. Ancak burada önemli olan husus, kristalizasyon işleminin meydana gelebilmesi için özsu içinde var olan sukroz miktarının, diğer basit şeker olan glukoz ve fruktoz'dan daha fazla bulunma zorunluluğudur (Blanshard ve ark. 1991). Ancak çalışmamızda sukroz oranı saptanmamıştır.

Çalışmamızda incelenen azot ve potasyum elementlerinin tatlı sorgumun şeker oranı üzerine olan etkileri, diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olmasına karşılık, verimlere ilişkin sayısal değerlerimiz çok farklıdır. Bu farklılığın temel nedeni denemelerin farklı ortamlarda (saksı, tarla, vb) ve ekolojilerde yürütülmesiyle birlikte, kullanılan çeşitlerin de farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, N ve K seviyelerinin şeker verimine (g/bitki) etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar, Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6 incelendiğinde, 2013 yetiştirme döneminde farklı azot seviyesi uygulamalarının etkisiyle 2 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek şeker verimi değeri (28,7 g/bitki) ile sırasıyla N15 uygulamasından elde edilirken, en düşük şeker verimi 21,2 g/bitki ile N0 uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 5. 2013-2014 gelişme döneminde N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda şeker oranına (%) etkileri  
Table 5. Effects of N and K levels on sugar ratio (%) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period (%)

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	16,3	16,7	17,8	18,2	17,3 <sup>a</sup>
	N-5	15,7	15,8	16,5	16,7	16,2 <sup>b</sup>
	N-10	15,3	15,5	16,0	16,2	15,8 <sup>b</sup>
	N-15	14,0	14,3	14,8	15,3	14,6 <sup>c</sup>
	N-20	12,7	13,3	14,0	14,5	13,6 <sup>d</sup>
	Ortalamalar	14,8 <sup>b</sup>	15,1 <sup>b</sup>	15,8 <sup>a</sup>	16,2 <sup>a</sup>	15,5
	LSD (1%)	N:0,819	K:0,732	N×K:ÖD		CV(%):4,72
2014	N-0	18,4	18,4	19,2	19,1	18,8 <sup>a</sup>
	N-5	17,8	17,5	18,0	17,9	17,8 <sup>b</sup>
	N-10	17,2	17,3	17,3	17,7	17,4 <sup>b</sup>
	N-15	15,7	15,9	16,3	16,3	16,1 <sup>c</sup>
	N-20	14,1	15,1	15,5	15,9	15,1 <sup>c</sup>
	Ortalama	16,6	16,8	17,3	17,4	17,0
	LSD (1%)	N:0,867	K:ÖD	N×K:ÖD		CV(%):4,59

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre P≤0,01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Çizelge 6. 2013-2014 gelişme döneminde N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda şeker verimine (g/bitki) etkileri  
Table 6. Effects of N and K levels on sugar yield (g/plant) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	16,5	20,2	23,9	24,0	21,2 <sup>b</sup>
	N-5	22,3	23,1	30,4	32,5	27,1 <sup>a</sup>
	N-10	23,3	25,4	33,0	32,5	28,5 <sup>a</sup>
	N-15	23,3	25,6	33,8	32,0	28,7 <sup>a</sup>
	N-20	22,4	25,4	30,4	30,7	27,2 <sup>a</sup>
	Ortalamalar	21,6 <sup>c</sup>	23,9 <sup>b</sup>	30,3 <sup>a</sup>	30,3 <sup>a</sup>	26,5
	LSD (1%)	N:2,477	K:2,216	N×K:ÖD		CV(%):8,46
2014	N-0	16,8	19,2	24,2	25,4	21,4
	N-5	19,1	21,1	31,8	29,5	25,3
	N-10	20,4	22,9	32,5	32,2	27,0
	N-15	20,5	23,8	34,8	36,7	29,0
	N-20	19,6	24,5	30,5	32,9	26,9
	Ortalama	19,3	22,3	30,7	31,3	25,9
	LSD (1%)	N:2,102	K:1,880	N×K:4,204		CV(%):7,35

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre  $P \leq 0,01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Çizelge 7. 2013-2014 gelişme döneminde farklı N ve K seviyelerinin tatlı sorgumda teorik etanol verimine (ml/bitki) etkileri

Table 7. Effects of different N and K levels on theoretical ethanol yield (ml/plant) of sweet sorghum during 2013-2014 growth period

Yıl	Uygulamalar	K-0	K-5	K-10	K-15	Ortalamalar
2013	N-0	8,8	10,7	12,7	12,8	11,3 <sup>b</sup>
	N-5	11,9	12,3	16,2	17,3	14,4 <sup>a</sup>
	N-10	12,4	13,5	17,6	17,3	15,2 <sup>a</sup>
	N-15	12,4	13,6	18,0	17,1	15,3 <sup>a</sup>
	N-20	12,0	13,5	16,2	16,4	14,5 <sup>a</sup>
	Ortalamalar	11,5 <sup>c</sup>	12,7 <sup>b</sup>	16,1 <sup>a</sup>	16,2 <sup>a</sup>	14,1
	LSD (1%)	N:1,315	K:1,176	N×K:ÖD		CV(%):8,43
2014	N-0	8,9	10,2	12,9	13,5	11,4
	N-5	10,2	11,2	16,9	15,7	13,5
	N-10	10,9	12,2	17,3	17,1	14,4
	N-15	10,9	12,7	18,5	19,5	15,4
	N-20	10,5	13,1	16,2	17,5	14,3
	Ortalama	10,3	11,9	16,4	16,7	13,8
	LSD (1%)	N:1,126	K:1,007	N×K:2,253		CV(%):7,39

Aynı satır veya sütun içerisinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar arasında LSD testine göre  $P \leq 0,01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılık yoktur.

Farklı potasyum ortalamaları arasında ise 3 farklı grup oluşmuş ve rakamsal olarak en yüksek şeker verimi değeri 30,3 g/bitki ile K15 ve K10, en düşük şeker verimi değeri ise 21,6 g/bitki ile K0 uygulamasında sağlanmıştır. 2014 yetiştirme döneminin verilerine göre rakamsal olarak en yüksek şeker verimi 36,7 g/bitki ile N15-K15 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük şeker verimi değeri 16,8 g/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmamızda birinci yılda tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0 seviyesinden N15 seviyesine kadar yükseltildiğinde şeker verimi değerinin yükseldiği, ancak N20 seviyesinde hafifçe düştüğü saptanmıştır. Fakat istatistiki olarak birinci yılda N5, N10, N15, N20 arasında önemli bir fark görünmemiştir. Diğer taraftan birinci yılda bitkilere uygulanan potasyum seviyesinin artması şeker verimi yükselmiş, ancak istatistiki olarak K10 ile K15 arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır. Ayrıca araştırmamızdaki incelenen şeker verimi özelliğinin; biyokütle, yapraksız sap ve özsu verimi ile şeker oranının etkisi altında olduğu da unutulmamalıdır.

Almodares ve ark. (2007) Isfahan koşullarında tatlı sorguma verilen azot miktarının artması durumunda şeker veriminin de yükseldiğini, ancak 30 kg/da N dozunda azaldığını bildirmişlerdir. Ricaud ve Arceneaux (1990) Louisiana koşullarında şeker sorguma uygulanan dekara 10 kg N ve 9 kg K uygulamasının şeker verimini yükselttiğini fakat artan N uygulamalarının verimi yükseltmediğini belirtmişlerdir. Khaled (2013), Hindistan ekolojik koşullarında, tatlı sorgum çeşitlerine uygulanan azot dozu N0'dan 15 kg N/da seviyesine yükseldiğinde şeker veriminin de (2,4 t/ha'dan 4,4 t/ha'a) de arttığını belirtmiştir. Girgin (2012) Bornova koşullarında tatlı sorguma uygulanan azot seviyesinin dekara 0 kg'dan 22,5 kg'a çıkmasıyla şeker veriminin 44% yükseldiğini, ancak sonraki dozlarda (30 ve 37,5 kg/da N) düştüğünü, Sudama ve ark. (1998) ise su kıtlığı altında yetiştirilen şeker kamışında artan K dozlarının şeker verimini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgumda, N ve K seviyelerinin teorik etanol verimine etkisini gösteren ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelge 7'nin verileri incelendiğinde, 2013 yetiştirme döneminde farklı azot seviyesi uygulamalarının etkisiyle 2 farklı grup oluşmuş ve farklı azot seviyeleri ortalaması içinde rakamsal olarak en yüksek etanol verimi (15,3 ml/bitki) ile N15 uygulamasından elde edilirken, en düşük etanol verimi 11,3 ml/bitki ile N0 uygulamasından elde edilmiştir. Potasyum ortalamaları arasında ise 3 farklı grup oluşmuş ve rakamsal olarak en yüksek etanol verimi 16,2 ml/bitki ile K15, en düşük etanol verimi ise 11,5 ml/bitki ile K0 uygulamasından sağlanmıştır. 2014 yetiştirme döneminin verilerine göre rakamsal olarak en yüksek etanol verimi 19,5 ml/bitki ile N15-K15 kombinasyonundan elde edilirken, en düşük biyokütle verim değeri 8,9 ml/bitki ile N0-K0 uygulamasından elde edilmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde; her iki yıl tatlı sorgum bitkisine uygulanan azot seviyesi N0'dan N15 seviyesine kadar arttığında, etanol verimlerinin de yükseldiği, ancak N20 seviyesinde hafifçe düştüğü saptanmıştır. Diğer taraftan yine her yıl, bitkilere uygulanan potasyum seviyesinin artışıyla etanol verimi de yükselmiş, ancak K10 ile K15 seviyeleri arasında istatistikî bakımdan önemli bir fark olmadığı saptanmıştır.

Girgin (2012) Bornova koşullarında tatlı sorguma uygulanan azot seviyesinin (0 kg N/da'dan 22,5 kg N/da'a) artmasıyla, etanol verimlerinin de yükseldiğini, ancak ilerleyen N dozlarında etanol veriminin düşmeye başladığını ifade etmiştir. Ricaud ve Arceneaux (1990) Louisiana koşullarında şeker sorguma dekara 10 kg N ve 9 kg K uygulamasının etanol verimini (302-406 l/da) yükselttiğini, fakat artan K ve N uygulamalarının etanol verimi yükseltmediğini belirtmişlerdir. Clegg ve ark. (1986) Nebraska koşullarında tatlı sorgumun teorik etanol verimlerinin 337-218 litre/da, Chavan ve ark. (2009) Hindistan koşullarında 34-121 l/da, Zhao ve ark. (2009) Pekin koşullarında 71-542 l/da, Geren vd. (2011) Bornova koşullarında 70-94 litre/da arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Michael ve ark. (2016), Missouri koşullarında farklı azot dozları (0, 5,6, 11,2, 16,8, 22,4 kg N/da) altında yetiştirilen tatlı sorgum çeşitlerinin etanol verimi üzerindeki etkilerini incelemişler ve 16,8 kg N/da uygulamasında en yüksek etanol verimi (7488 l/ha) elde edildiğini belirtmişlerdir. Gajanan ve ark. (2016) Hindistan koşullarında tatlı sorguma N0 dozunda 1084 l/ha olan etanol veriminin, 15 kg N/da dozunda 1940 litre/ha'a yükseldiği bildirilmiştir. Sawargaonkar ve ark. (2013) Hindistan koşullarında tatlı sorgum çeşitlerine uygulanan azot dozunun N0'dan 15 kg N/da'a artırıldığında, etanol veriminin de 495 l/ha'dan 1211 l/ha'a yükseldiğini belirtmişlerdir. Tamang ve ark. (2011) Texas ekolojik koşullarında yetiştirilen tatlı sorgumda N0 dozunda 1692 l/ha olan etanol veriminin, 10,1 kg N/da dozunda 2330 l/ha'a yükseldiği ancak 16,8 kg N/da uygulamasında ise düştüğünü belirtmişlerdir.

Dış ortam koşullarında ve saksı denemesi şeklinde yürüttüğümüz çalışmada, her iki yıl, tatlı sorguma uygulanan azot ve potasyum seviyesi arttıkça etanol veriminin de yükseldiği saptanmıştır. Bilindiği gibi etanol verimi üzerinde yapraksız sap verimi, özsu verimi, şeker oranı gibi pek çok parametrenin etkisi bulunmaktadır (Almodares ve ark., 2008; Geren ve ark., 2013). Çalışmamızda incelenen N ve K elementlerinin tatlı sorgumun etanol verimi üzerine olan etkileri, diğer

araştırmacıların sonuçlarıyla kısmen uyumlu olmasına karşılık, verimlere ilişkin sayısal değerlerimiz çok farklıdır. Bu farklılığın temel nedeni denemelerin farklı ortamlarda (saksı, tarla, vb) ve ekolojilerde yürütülmesiyle birlikte, kullanılan çeşitlerin de farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

## Sonuç

İkinci ürün koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum bitkisinde farklı N ve K seviyelerinin etanol verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisini saptamak amacıyla yürütülen bu çalışma sonucu dekara 15 N ve 10 kg K2O kombinasyonunun en iyi gübre seviyesi olduğu ortaya çıkmıştır.

## Teşekkür

Bu tez projesi 2013-ZRF-026 kod numarası ile Ege Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiş olup, teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- Almodares A, Hadi M R, Ranjbar M, and Taheri R. 2007. The effects of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum, *Asian Journal of Plant Sciences*. 6(2): 423-426. Doi: 10.3923/ajps.2007.423.426.
- Anonim. 2010. Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, T.C. Tarım Ve Köyışleri Bakanlığı Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkezi, Sorgum (*Sorghum* spp.). 13.
- Anonim. 2013. İklim Verileri, İzmir Meteoroloji İstasyonu, İzmir.
- Anonim. 2014. İklim Verileri, İzmir Meteoroloji İstasyonu, İzmir.
- Blanshard J M V, Muhr A H, and Gough A. 1991. Crystallization from Concentrated Sucrose Solutions. *Water Relationships in Foods*. 745 (7): 639-655. Doi: 10.1007/978-1-4899-0664-9\_35.
- Chavan U D, Patil J V, and Shinde M S. 2009. An assessment of sweet sorghum cultivars for ethanol production. *Sugar Tech*. 11(4): 319-323.
- Clegg M D, Gorz H J, Maranville J W, and Haskins F A. 1986. Evaluation of agronomic and energy traits of Wray sweet sorghum and the N39 x Wray hybrid. *Energy in Agriculture*. 5: 49-54. <https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub>.
- Dahmardeh K, Rad M R P, Rad M N, and Hadizadeh M. 2015. Effects of potassium rates and irrigation regimes on the yield of forage sorghum in arid regions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 6(4): 207-212. ISSN: 2223-7054 (Print) 2225-3610 (Online).
- Dar A, Kaur E, Gupta Phutela A U. 2018. Sweet sorghum-a promising alternative feedstock for biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews Journal*. 82: 4070-4090. Doi: 10.1016/j.rser.2017.10.066.
- Gajanan L, Sawargaonkar, and Suhas P W. 2016. Nitrogen response of sweet sorghum genotypes during rainy season. *Current Science*, 110(9): 1699- 1703. Doi: 10.18520/cs/v110/i9/1699-1703. Doi: 10.18520/cs/v110/i9/1699-1703.
- Geren H, Avcioğlu R, Kavut Y T, Sakinoğlu Oruç Ç ve Öztarhan H. 2011. İkinci ürün olarak yetiştirilen şeker darısının (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*) verim ve verimle ilgili diğer bazı özellikleri üzerine bir ön araştırma. *Türkiye 4. Tohumculuk Kongresi 14-17 Haziran Samsun*. 2: 525-530.



- Girgin V Ç. 2012. Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* L.)’da farklı azot dozlarının bazı tarımsal ve teknolojik özelliklere etkisi üzerinde araştırma. Ege Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi. 42.
- Güler M, Yılmaz Ş, Gül İ, Akdoğan G, ve Emeklier H Y. 2003. Azotlu gübre dozları ve sıra arası açıklığının Ankara koşullarında silaj sorgumun bazı morfolojik ve agronomik özelliklerine etkisi, Türkiye 5.Tarla Bitkileri Kongresi. 13-17 Ekim. 2: 281-286.
- Gyawali B, Younas M, Barozai Kh, and NaseerAziz A. 2021. Comparative expression analysis of microRNAs and their targets in emerging bio-fuel crop sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Plant Gene’s Journal. 26: 100274. 1-10. Doi: 10.1016/j.plgene.2021.100274.
- Irshad A, Guanglong Z, Guisheng Z, Xudong S, Muhi Eldeen H I, and Ebtehal Gabralla I S. 2022. Effect of N on Growth, Antioxidant Capacity, and Chlorophyll Content of Sorghum. Journal of Agronomy. 12 (501): 1-11. Doi.org/10.3390/agronomy12020501 .
- Kacar B. 1986. Gübreler ve gübreleme tekniği (III. basım), T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları. 20: 439.
- Kacar B. ve Katkat V. 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı. 20:531. ISBN 975-564-084-3, 144.
- Kee Kwong K F Ng. 2012. The effects of potassium on growth, development, yield and quality of sugarcane. The International Potash Institute. 430-444.
- Khaled M. 2013. Effect of different nitrogen levels on growth, productivity and bioethanol production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. Seed and plant production journal. 29(4): 539-551. Doi.10.22092/SPPJ.2017.110529.
- Kovancı İ. 1990. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği Ders Notları, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Teksir. 107(3): 286.
- Kumar S R, Shrotria P K, and Deshmukh J P. 2008. Characterizing of nutrient management effect on yield of sweet sorghum genotypes. World Journal of Agricultural Science. 4: 787-789. ISSN 1817-3047.
- Laban K, Yixiang Xu R, Brandt M, Ren Sh, and 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. Doi: 10.4236/jsbs.2013.32016.
- Michael J W, Mawa B, James H, Houx IIIa, Felix B F. 2020. Nitrogen fertilization of high biomass sorghum affects macro- and micronutrient accumulation and tissue concentrations. Industrial Crops & Products. 156: 112819. Doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112819.
- Michael J, Maw W, James H, Houx III, Felix B. 2016. Fritschi. Sweet sorghum ethanol yield component response to nitrogen fertilization. Industrial Crops and Products. 84: 43-49. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.01.038.
- Poornima S, Geethalakshmi V, and Leelamathi R M, 2008. Sowing dates and nitrogen levels on yield and juice quality of sweet sorghum, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 651-654.
- Ricaud R, and Arceneaux A. 1990. Sweet sorghum research on biomass and sugar production in 1990. Report of projects, Louisiana Agricultural Experiment Station, Department of Agronomy. Louisiana State University. 136-139. ISSN : 0456-5959.
- Sawargaonkar G L, Patil M D, Wani S P, Pavani E, Reddy B V S R, and Marimuthu S. 2013. Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. Field Crops Research. 149(1): 245-251. http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.009.
- Stals H, and Inzé D. 2011. When plant cells decide to divide. Trends Plant Sci. 6: 359-364.
- Sudama S, Tiwari T N, Srivastava R P, Singh G P, and Singh S. 1998. Effect of potassium on stomatal behaviour, yield and juice quality of sugarcane under moisture stress conditions. Indian Journal of Plant Physiology. 3: 303- 305.
- Tamang P L, Bronson K F, Malapati A, Schwartz R, Johnson J, and Moore Kucera J. 2011. Nitrogen requirements for ethanol production from sweet and photoperiod sensitive sorghums in the Southern High Plains. Agron. J. 103: 431-440. ISSN : 0002-1962.
- Visarada K B R S, and Aruna C. 2019. Sorghum: A Bundle of Opportunities in the 21st Century. Breeding Sorghum for Diverse End Uses. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition journal. 1: 1-14. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00001-2.
- Zhao Y L, Dolat A, Steinberger Y, Wanga X, Osman A, and Xie G H. 2009. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. Field Crops Research. 111: 55-64. Doi : 10.1016/j.fcr.2008.10.006.