

Kırklareli Koşullarında Farklı Sulama Suyu Seviyelerinin Şeker Sorgumu ve Silajlık Mısır Bitkilerinin Verim ve Kalite Parametrelerine Etkisi

Ozan ÖZTÜRK^{1*} 

Selçuk ÖZER² 

Ülviye ÇEBİ³ 

Başak AYDIN⁴ 

Gürkan Güvenç AVCI⁵ 

^{1,2,3,4}Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli/TÜRKİYE

⁵Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tekirdağ/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0001-8329-2739>

²<https://orcid.org/0000-0002-6055-4377>

³<https://orcid.org/0000-0002-1587-6318>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5047-7654>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-2760-0773>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): ozan2006@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 22.10.2024

Accepted (Kabul tarihi): 23.01.2025

ÖZ: Kısıntılı sulama koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin tatlı sorgum ve silajlık mısır bitkilerinin verim ve kalite parametreleri üzerine etkisini ölçmeyi amaçlayan bu çalışma 2023 yılında Kırklareli İlinde bulunan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü kampüsünde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada ana konuları sorgum ve mısır bitkileri oluştururken, alt konuları S0: Yağışa dayalı konu, S1: Class A-Pan'dan meydana gelen buharlaşmanın %100'ünün uygulandığı konu, S2: S1 konusunun %66'sının uygulandığı konu, S3: S1 konusunun %33'ünün uygulandığı konu oluşturmuştur. Araştırma sonucunda en yüksek yeşil yem verimine 7.046,32 kg da⁻¹ ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük yeşil yem verimi S0 (2.404,73 kg da⁻¹) konusundan elde edilmiştir. En düşük yeşil yem verimi silajlık mısırdaki S0 (1.857,93 kg⁻¹) konusunda ortaya çıkmıştır. Sorgum ve silajlık mısır bitkilerinde, en yüksek miktarda sulama suyu uygulanan konuya 402 mm, %66 su uygulaması yapılan konuya 267 mm ve %33 su uygulaması yapılan konuya 133 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sorgum bitkisinin Kırklareli koşullarında bitki su tüketimi değerleri 238-617 mm arasında tespit edilmiştir. Sulama suyu kullanım etkinliğinin mısır bitkisinde 11,78-18,22 kg m⁻³ arasında, sorgum bitkisinde ise 19,07-28,94 kg m⁻³ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Şeker sorgumu, silajlık mısır, su kısıtı, tarımsal sulama.

Effect of Different Irrigation Water Levels on Yield and Quality Parameters of Sugar Sorghum and Silage Maize Plants in Kırklareli Conditions

ABSTRACT: This study, which aimed to measure the effects of different irrigation water levels on yield and quality parameters of Sugar sorghum and silage maize plants under deficit irrigation conditions, was carried out in 2023 in the Atatürk Soil, Water and Agricultural Meteorology Research Institute campus in Kırklareli Province according to the randomized blocks split design with three replicates. While the main treatments in the research were sorghum and maize plants, the sub-treatments were S0: Rainfed treatment, S1: Treatment to which 100% of the evaporation from Class A-Pan was applied, S2: Treatment to which 66% of the S1 was applied, S3: Treatment to which 33% of the S1 was applied. As a result of the research, the highest green forage yield was obtained from sugar sorghum with 7.046,32 kg da⁻¹. While S1 and S2 were in the same class in irrigation treatments, the lowest green forage yield was obtained from S0 (2.404,73 kg da⁻¹). The lowest green forage yield was obtained from S0 (1.857,93 kg⁻¹) in silage maize. In sorghum and silage maize plants, 402 mm irrigation water was applied to the treatment with the highest amount of irrigation, 267 mm to the subject with 66% water application and 133 mm to the treatment with 33% water application. Evapotranspiration values of sorghum plant were determined between 617 and 238 mm under Kırklareli conditions. It was determined that irrigation water use efficiency varied between 11,78-18,22 kg m⁻³ in maize plant and between 19,07-28,94 kg m⁻³ in sorghum plant.

Keywords: Sugar sorghum, silage maize, agricultural irrigation, water restriction.

GİRİŞ

Tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*), özellikle mısır üretimi için yeterli sulama ve yağış imkânı olmayan yerlerde yetiştiriciliği yapılan bir kaba yem bitkisidir (Oluk ve ark., 2022). Hayvan beslenmesinin yanında insan beslenmesinde de kullanılan, güçlü kök yapısıyla geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip, ekstrem toprak türlerinde dahi yetiştiriciliği yapılan iyi bir biyokütle bitkisidir (Adıyaman ve ark., 2020). Son yıllarda sağlıklı ve doğal beslenmeye yönelik artan talep nedeniyle popülerliği artan bir bitki türüdür. Bu bitkinin sapsı ve tohumları, birçok farklı yemek tarifinde ve tatlılarda alternatif olarak kullanılmaktadır. Şeker kamışı gibi yüksek miktarda şeker içerir. Ancak, tatlı sorgum şekerinin, şeker kamışı şekerine kıyasla daha az yoğun olduğu bilinmektedir. Tatlı sorgum bitkisinin yararları arasında, lif, vitaminler ve mineraller açısından zengin olması sayılabilir. Bu bitki, özellikle diyabet hastaları için önemli bir alternatif olarak da kabul edilmektedir. Düşük glisemik indeksi sayesinde tatlı sorgum kan şekeri seviyelerini kontrol altında tutmaya yardımcı olmaktadır.

Silajlık mısır (*Zea mays* L.), dünya genelinde hayvan beslemede en yaygın kullanılan yem bitkilerinden biridir. Yüksek enerji içeriği, sindirilebilirliği ve verim potansiyeli sayesinde, hayvancılık sektöründe vazgeçilmez bir yem bitkisi olmuştur. Literatürde, silajlık mısırın kuraklık, sulama rejimleri ve yem kalitesi üzerindeki etkilerine dair pek çok çalışma bulunmaktadır. Silajlık mısırın uygun sulama stratejileri altında yüksek verim ve kaliteli silaj sağladığı belirtilmiştir (Davis ve West, 2005; NeSmith ve Ritchie, 1992). Diğer araştırmalarda, azotlu gübre uygulamalarının silajlık mısırın biyokütle ve besin değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir (Turgut ve ark., 2005; Karam ve ark., 2003). Kuraklık ve su kıtlığı koşullarında, silajlık mısırın biyokütle üretiminin sulama suyu miktarına duyarlı olduğu ve su kısıtlamalarının verim ve kaliteyi belirgin şekilde etkilediği bildirilmiştir (Çakır, 2004; Pandey ve ark., 2000).

Küresel ısınmanın etkisiyle su kaynaklarının azalması, Küresel ısınmanın etkisiyle su kaynakları azalmakta, bitkilerin vejetasyon sürecinde ihtiyaç duyduğu yağışlar ise yeterli ve dengeli bir dağılım göstermek yerine kısa sürede yoğun ve dengesiz olarak gerçekleşmektedir. Kurak geçen kış aylarının ardından

hasat dönemine gelen yoğun yağışlar bitkilerin verimi kalitesi üzerine olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bazı bölgelerde daha az yağış ve daha sıcak hava koşullarına neden olabilmekte ve bu da barajların beslenme kaynaklarını etkileyebilmektedir. Daha az yağış, barajların doluluk oranlarını doğrudan etkiler. Barajlar, su havzaları ve akarsular yoluyla beslenir ve havzalardaki yağış miktarı, barajlardaki su seviyesini etkiler. Daha az yağış, havzalardaki su kaynaklarının azalmasına ve bu nedenle barajlardaki doluluk oranlarının düşmesine neden olur. Bunun sonucu olarak ülkemizde bazı dönemlerde sulanan alanlarda kısıtlamalara gidilmekte, sulama sahası içerisinde yüksek su tüketimi olan bitkilerin ekilmesine izin verilmemektedir. Böyle durumlarda daha az sulama suyu ile daha fazla biyokütle üretebilen bitki arayışları ön plana çıkmaktadır. Literatürde şeker sorgumu ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Naescu ve Nita, 1991; Payam ve Yousef, 2005; Küçüksemerci ve Baytekin, 2007; Avcıoğlu ve ark., 2009; Geren ve Kavut, 2009; Miller ve Ottman, 2010; Garofalo ve ark., 2011; Ramos ve ark., 2012; Shenkut ve ark., 2013; Enciso ve ark., 2015; Urrea ve ark., 2016; Bilen, 2018; Dündar ve ark., 2019; Dündar ve ark., 2020; Moray ve İstanbulluoğlu, 2022; Yücel ve ark., 2020; Aydınşakir ve ark., 2021; Aksoy ve ark., 2023; Sezgin ve Alatürk, 2023). Son yıllarda az su tüketerek yüksek biyokütle üretme potansiyeliyle dikkat çeken tatlı sorgumun, Kırklareli koşullarında su tüketimi ve su kısıtlamasına verdiği tepkilerin belirlenmesi önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu araştırmada, kısıntılı sulama koşullarında farklı sulama suyu seviyelerinin tatlı sorgum ve silajlık mısırın verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve aynı koşullarda yetiştirilen iki bitkiden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Araştırma Kırklareli İli Merkez İlçesinin yaklaşık 4 km güneyinde Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü arazilerinde 5 numaralı üretim parseli içerisinde yürütülmüştür. Kırklareli ili coğrafi konum olarak; Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesinin kuzeyinde yer almaktadır. Kuzeyinde Bulgaristan, güneyinde Tekirdağ, doğusunda Karadeniz, batısında Edirne bulunmaktadır.

Tarım alanları içerisinde %98 oranında tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan Kırklareli ilinde ağırlıklı olarak

buğday-ayçiçeği ekim nöbeti uygulanmaktadır. Kırklareli ilinde yaklaşık 83 bin dekar alanda silajlık mısır yetiştiriciliği, 1362 dekar alanda ise sorgum yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2023). Araştırmada Mega çeşidi Şeker Sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*) bitkisi ve Pioneer 2088 çeşidi Silajlık Mısır (*Zea Mays* L.) bitkisi materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma alanında ekim öncesi diskaro ile ilk sürüm işlemi gerçekleştirilmiş, rotatiller ile ikileme yapıldıktan sonra tırmık ve merdane ile tohum yatağı hazırlanmıştır. Tatlı sorgum sıra arası 70 cm, sıra üzeri 5 cm, silajlık mısır sıra arası 70 cm, sıra üzeri 16 cm olacak şekilde düzenlenmiş ve pinomatik mibzerle 16 Mayıs 2023 tarihinde ekim yapılmıştır.

Tohum derinliği yaklaşık 2-3 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Araştırmada kullanılan Sorgum ve mısır bitkileri 16 Eylül 2024 tarihinde hasat edilmiştir.

Toprak profili boyunca 0-90 cm toprak derinliğinde bünye sınıfı kumlu- tın, 90-120 cm derinliğinde kumlu killi tın bünyeye sahiptir. Kullanılabilir su tutma kapasitesi değeri, 121.10 mm/90 cm olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan sulama suyu enstitü arazisi içinde bulunan derin kuyudan sağlanmıştır. Sulama suyunun pH'sı 7,05, tuzluluğu 0,912 dS m⁻¹ olup T₃A₁ sınıfındadır. Deneme alanına ait araştırma enstitüsü meteoroloji istasyonlarından alınan iklim verileri Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanına ait iklim verileri.
Table 1. Climate data of the experimental area.

Ay (Month)	Ort. Sıcaklık (Avg. Temperature) (°C)	Maks. Sıcaklık (Max. Temperature) (°C)	Min. Sıcaklık (Min. Temperature) (°C)	Ortalama Nem (Avg. Humidity) (%)	Net Radyasyon (Net Radiation)	Rüzgâr Hızı (Wind Speed) (m/s)	Yağış (Precipitation) (mm)
Ocak (January)	6,68	18,51	-3,19	85,92	4,70	1,99	26,30
Şubat (February)	3,99	19,05	-5,70	71,73	28,26	2,32	6,40
Mart (March)	8,34	20,48	-4,28	78,12	50,85	2,07	44,70
Nisan (April)	10,80	19,70	1,63	79,13	73,41	1,35	99,30
Mayıs (May)	15,02	26,48	3,43	70,57	102,59	1,58	33,00
Haziran (June)	20,75	32,25	10,21	62,10	130,04	2,00	56,20
Temmuz (July)	24,85	37,65	11,94	57,83	151,38	1,48	17,20
Ağustos (August)	24,87	36,64	13,63	58,56	129,84	2,03	1,20
Eylül (September)	21,38	33,95	10,58	63,95	87,36	1,97	7,59
Ekim (October)	16,60	27,81	4,55	68,26	47,13	1,52	2,39
Kasım (November)	16,41	24,42	8,28	76,62	28,12	1,34	9,15
TOP/ORT (TOTAL/AVG)	15,43	37,65	-5,70	70,25	75,79	1,79	303,44

Metot

Araştırma tarla koşullarında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ana konuları bitki türü, alt konuları ise sulama suyu miktarları oluşturmıştır.

Ana Konular:

B1: Şeker Sorgum
Silajlık Mısır

B2:

Alt Konular:

S0: Yağışa dayalı konu

S1: Class A-Pan'dan meydana gelen yığışlımlı buharlaşmanın %100'ünün uygulandığı konu

S2: S1 konusuna uygulanan su miktarının %66'sının verildiği konu

S3: S1 konusuna uygulanan su miktarının %33'ünün verildiği konu

Toplamda 24 deneme parselinde yürütülen araştırmada her bir deneme parseli 5,60 m x 10 m boyutlarında olmak üzere 56 m² alana kurulmuştur.



Şekil 1. Deneme alanının görüntüsü.
Figure 1. Image of the experimental area.

Sulama sistemi; kontrol birimi ile 63 mm çaplı ana boru, 40 mm çaplı manifold ve 20 mm çaplı lateral hatlarından oluşmuştur. Lateraller 20 mm çapında olup, 40 cm aralıklarla yerleştirilmiş, basınç ayarlı ve debisi saatte 2 litre olan içten geçik (in-line) damlatıcılardan oluşmuştur. Kontrol biriminde ise kum-çakıl filtre, hidrosiklon, manometre, disk filtre, vanalar, su sayacı ve bağlantı elemanları bulunmaktadır. Toprağın infiltrasyon hızı dikkate alınarak damlatıcı aralıkları ve debileri belirlenmiştir. Lateral aralıkları ise her sıra arasına bir tane gelecek şekilde 70 cm olarak ayarlanmıştır. Deneme konularına uygulanan net sulama suyu miktarı, buharlaşma kabından oluşan yığışimli buharlaşma miktarı esas alınmıştır. Araştırma konularına sulama suyu A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen yığışimli buharlaşma miktarına göre uygulanmıştır. 25,5 cm derinliğinde ve 121 cm çapında olan ve galvanize saçtan yapılmış olan kap yerden 20 cm yükseklikte ahşap palet üzerine oturtularak su terazisi ile dengelenmiştir. Kabın içindeki su miktarı paslanmaz malzemeden yapılmış mm hassasiyetinde cetvel ile ölçülmüştür. Bloklar arasına yerleştirilmiş ve üzeri ince kafes teli ile yabancı madde ve zararlı girişine karşı engellenmiştir. Her hafta sonu yıkanarak temizlenmiş ve yeniden doldurulmuştur.

Verilen su miktarı parsel başlarına konulan su sayaçlarıyla ölçülmüş olup (Kanber ve Güngör, 1986) sulamalar haftada 1 defa yapılmıştır. Sulamalara araştırmada kullanılan her iki bitki içinde ara çapa yapıldıktan sonra sulama sistemi kurulmuş ve sulamalara başlanmıştır. Her iki bitkiye de eşit sayıda sulama yapılmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Ekim

sonrası meydana gelen yağışlar çimlenme ve çıkış için yeterli olmuştur.

$$I = Kp \times Ep \times P \times A$$

Eşitlikte;

I: Uygulanacak net sulama suyu miktarını (mm)

Kp: Buharlaşma kabı katsayısını

Ep: Yığışimli buharlaşma miktarını (mm)

P: Islatma yüzdesini (%)

A: Alanı ifade etmektedir (m²).

Araştırmada kullanılan şeker sorgum ve mısırın etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmış ve bu derinliğe uygulanacak su miktarı su bütçesi yöntemine göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber, 1997).

$$ET = I + P + Cp - Dp - Rf - \Delta S$$

Eşitlikte;

ET: Bitki su tüketimini (mm)

I: Periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarını (mm)

P: Periyot boyunca düşen yağışı (mm)

Cp: Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarını (mm)

Dp: Derine sızma kayıplarını (mm) (ihmal edilmiştir)

Rf: Deneme parsellerine giren ve çıkan yüzey akış miktarını (mm) (ihmal edilmiştir)

ΔS : Etkili kök bölgesinde toprak nemindeki değişim (mm) değerini ifade etmektedir.

Tarla kapasitesi, solma noktası ve bünye gibi toprak özellikleri, her 30 cm (30, 60 ve 90) toprak derinliğinden alınan bozulmuş toprak örneklerinden, hacim ağırlığı ise bozulmamış toprak örneklerinden belirlenmiştir (Blake, 1965; Benami ve Diskin, 1965). Ayrıca, deneme öncesinde 2 farklı noktada çift silindir infiltrometre ile toprağın infiltrasyon hızı ölçülmüştür. Araştırma süresince, her bir deneme konusu için bitki kök bölgesindeki toprak nemi toprak profilinin 0-90 cm derinlikleri arasında 15 günlük periyotlar halinde sulama öncesi ve sulamadan 1 gün sonra gravimetrik metot ile takip edilmiştir.

Deneme parsellerine uygulanan sulama suyu miktarı ve alınan yeşil ot verimlerine göre elde edilen sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanları aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Zhang ve ark., 1998; Howell, 2001).

$$IWUE = \frac{Y - Y_0}{I}$$

$$WUE = \frac{Y - Y_0}{ET}$$

Eşitliklerde;

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanını (kg m⁻³)

WUE: Su kullanım randımanını (kg m⁻³)

Y: Sulama suyu uygulanan deneme konularından ölçülen verimi (kg da⁻¹)

Y₀: Sulama suyu uygulanmayan deneme konusundan ölçülen verimi (kg da⁻¹)

I: Uygulanan sulama suyu miktarını (mm)

ET: Ölçülen bitki su tüketimini (mm) ifade etmektedir.

Bitkisel gözlemler

Yaprak sap oranı (%): Her parselden tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin yaprakları saplarından ayrılarak ayrı ayrı tartılmış ve toplam bitki ağırlığına oranı hesaplanmıştır (Anonim, 2010)

Yaş bitki ağırlığı (g adet⁻¹): Her parselden tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin elde edilen ağırlıklarını ortalamaları alınmıştır.

Yeşil ot verimi (kg da⁻¹): Bitkiler hasat olgunluğuna gelince toprağın 8-10 cm üzerinden kenar tesiri dikkate alınarak hasat gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verim kg da⁻¹'a çevrilerek yeşil ot (silaj) verimi elde edilmiştir (Anonim, 2010).

Kuru bitki ağırlığı (g): Biçim sonrası her parselden elde edilen bitkilerden 2-3 tanesi seçilerek, bıçakla 1-2 cm boyutlarında parçalanmış ve yeşil otlardan rastgele 0,5 kg'lık bir örnek alınmıştır. Bu örnek, etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar 68 °C'de kurutulmuştur. Ardından, 24 saat boyunca desikatörde bekletilmiş, tartılmış ve kuru bitki ağırlığı hesaplanmıştır.

Bitki boyu (cm): Her parselden rastgele seçilen 10 bitkinin, toprak yüzeyinden salkım başlangıcına kadar olan kısmı ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalaması alınarak bitki boyu hesaplanmıştır.

Kalite analizleri

Şeker oranı (briks) (%), yapraksız sap verimi, kuru madde (%) ve teorik etanol verimi hesaplanmıştır.

Briks (suda çözünmüş kuru madde oranı): Her parselden alınan 5 kg'lık bitki karışım örneği preslenerek sırası elde edilmiştir. Bu sıranın briks derecesi, refraktometre cihazı kullanılarak yüzde (%) olarak ölçülmüştür (Kutlu, 2008).

Teorik etanol verimi: 3,78 L (1 galon) etanol üretmek için 5,68 kg toplam şeker (glikoz, früktoz ve sakaroz) gereklidir. Bu nedenle, toplam şeker miktarı 5,68'e bölünerek elde edilen sonuç, 3,78 ile çarpılarak litreye dönüştürülür. Şekerden etanol elde edilirken bazı kayıplar (maya vb.) ve yan ürünler (glycerol, asetik asit, laktik asit vb.) meydana geldiğinden, hesaplanan değer %80'i net etanol olarak kabul edilir. Buna göre, teorik etanol verimi şu formül ile hesaplanmıştır:

$$EtOH = \frac{\text{Toplam Şeker}}{5,68} \times 3,78 \times 0,8$$

Hasat olgunluğu: Sorgum bitkilerinde hasat zamanı olarak püsküllerin renginin kahverengiye döndüğü dönem, mısır bitkilerinde ise hamur olum dönemi olarak belirlenmiştir.

Ham kül analizi, ham protein analizi ham selüloz analizi: Kutlu (2008)'e göre, kuru madde, ham protein, ham selüloz, ham kül, ham yağ, ADF, NDF ve metabolik enerji ise Van Soest ve ark. (1991)' de verilen esaslara göre yapılmıştır.

İstatistikî analizler

Araştırmada, istatistiksel analizler için “JMP” paket programı, grafik ve tabloların oluşturulmasında “MS EXCEL” paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Şeker Sorgumu ve mısır bitkilerinin yeşil yem verimlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre bitki türlerinin yeşil yem verimi üzerine etkisi %1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek yeşil yem verimine 7.046 kg da⁻¹ ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük yeşil yem verimi S0 (2.404 kg da⁻¹) konusundan elde edilmiştir. Bitki türü sulama suyu miktarı interaksiyonuna göre şeker sorgumunda S1 (9.611 kg⁻¹) ve S2 (9.129 kg⁻¹) konuları en yüksek yeşil yem verimine ulaşılan konular olmuştur. En düşük yeşil yem verimi silajlık mısırdaki S0 (1.857 kg⁻¹) konusunda ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Yeşil ot verimlerine ait varyans analiz tablosu
Table 2. Variance analysis of green fodder yield

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0.0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
		Verim (kg da ⁻¹) (Yield kg/da)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	3.826	B
	Şeker Sorgumu (Sugar Sorghum)	7.046	A
	LSD (0,01)	922,26	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0.0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparisons)		Verim (kg da ⁻¹) (Yield kg da ⁻¹)	
Sulama Suyu	S0	2.404	C
Miktarı	S1	7.774	A
(Irrigation Water	S2	6.912	A
Amount)	S3	4.653	B
LSD (0,01)		1.304,42	

Çeşit, verimi etkileyen unsurlardan biri olup, yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Küçüksemerci ve Baytekin (2007), farklı sorgum çeşitleri ile yaptıkları çalışma sonuçlarında PHS 12-10 çeşidinin yeşil ot

veriminin 6.143 kg da⁻¹ olarak elde edildiğini bildirmişlerdir. Sezgin ve Alatürk (2023), yürüttükleri bir çalışmada şeker sorgumunda iki yıllık ortalama 4.193,4 kg’dan 8.962,4 kg’a yükselen yeşil ot verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Dündar ve ark. (2020), yürüttükleri çalışmada deneme konularına 4 farklı sulama suyu düzeyi olmak üzere toplam 227,8 ile 479,6 mm arasında sulama suyu uygulamışlar ve en yüksek verimin I1(tam sulama konusu), en düşük verimin I4 (yağışa dayalı konu) sulama düzeylerinde gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Dündar ve ark. (2019), farklı sulama suyu düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkilerini araştırmışlar ve kuru madde veriminin 6.006,70 ile 3.661,80 kg da⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Neascu ve Nita (1991) şeker sorgumunda yeşil ot veriminin 3.830-8.840 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bilen (2018), yaptıkları çalışmada yeşil ot veriminin 6.237-6.635 kg da⁻¹, kuru madde oranının %18-20,15 arasında değiştiğini bildirmiştir. Moray ve İstanbulluoğlu (2022) sorgum-sudan otu melezinde yaptıkları sulama denemesinde yeşil ot veriminin 3.200-5.030 kg da⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışmamızdan elde edilen yeşil ot verim değerleri literatür verileri ile uyumlu bulunmuştur.

Şeker sorgumu ve mısır bitkilerinin farklı sulama suyu seviyelerinde bitki su tüketimleri Çizelge 2’de verilmiştir. Araştırmada kullanılan bitkilere eşit sayıda sulama yapılmış olup Sorgum ve silajlık mısır bitkilerinde, en yüksek miktarda sulama yapılan konuya (S1) 402 mm, %66 su uygulaması yapılan konuya(S2) 267 mm ve %33 su uygulaması yapılan konuya(S3) 133 mm sulama suyu uygulanmıştır. Vegetasyon döneminde 102 mm yağış düşmüştür.

Bitki su tüketimi miktarları; şeker sorgumunda konulara göre sırasıyla 617 (S1), 485 (S2), 366 (S3) ve 238 (S0) mm olurken silajlık mısır bitkisinde bu değerler sırasıyla 610 mm, 509 mm, 336 mm ve 206 mm olmuştur (Çizelge 3).

Benzer sonuçlar, Aydınşakir ve ark. (2021) tarafından da bulunmuştur. Araştırmacılar yürüttükleri çalışmada %100 su uygulaması yaptıkları konuya 434 mm (iki yıl ortalaması) sulama suyu uygulamışlardır. Yüzey üstü damla sulama sistemi ile yapılan %100 oranındaki sulama konusunda bitki su tüketimini (ET) 553,6 mm olarak elde ederlerken, en düşük bitki su tüketimi değerini 198,5 mm ile yağışa dayalı konuda elde etmişlerdir. Farklı iklim koşulları, farklı çeşit ve

uygulamalar sonucunda, farklı araştırmacılar farklı oranlarda sulama suyu uygulamışlardır. Moray ve İstanbulluoğlu (2022), 94-340 mm arasında sulama suyu uygularken, Miller ve Ottman (2010), 882-1.394 mm arasında sulama suyu uygulamışlardır.

Yapılan birçok araştırmada mısır bitkisinin farklı koşullarda ve farklı sulama uygulamalarında bitki su tüketim değerlerinin 456- 1.092 mm arasında değiştiği görülmektedir (Dağdelen ve ark., 2010; Djaman ve ark., 2013; Hao ve ark., 2018; Akşit, 2020; Kara ve Şahin, 2021; Değirmenci ve Keten, 2020).

Sulama suyu kullanım etkinliğinin mısır bitkisinde 11,78-,18,22 kg m⁻³ arasında, sorgum bitkisinde 19,07-

28,94 kg m⁻³ arasında, su kullanım etkinliğinin mısır bitkisinde 8,37-9,73 kg m⁻³, sorgum bitkisinde ise 12,40-18,82 kg m⁻³ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Garofalo ve ark. (2011), sorgumda su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliğini sırası ile ortalama 8,22 ve 5,87 kg m⁻³ olarak hesaplamışlardır. Aydınşakir ve ark. (2021) sorgumun su kullanım etkinliğinin sulama düzeylerine göre 2,9-6,0 kg da mm⁻¹ arasında, Enciso ve ark. (2015) sorgumun farklı su düzeylerinde su kullanım etkinliğinin 3,95 ile 23,5 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge3. Sorgum ve mısır bitkisi su tüketim değerleri.

Table 3. Evapotranspiration values of sorghum and maize.

Sorgum (Sugar Sorghum)				
Konu Treatment	Sulama Suyu (mm) (Irrigation Water)	ΔS	Yağış (mm) (Precipitation)	ET (mm)
S0	0	136	102	238
S1	402	113		617
S2	267	116		485
S3	133	131		366
Mısır (Maize)				
Konu Treatment	Sulama Suyu (Irrigation Water) (mm)	ΔS	Yağış (Precipitation) (mm)	ET (mm)
S0	0	104	102	206
S1	402	106		610
S2	267	140		509
S3	133	101		336

Çizelge 4.1 Sorgum ve mısır sulama suyu kullanım etkinliği ve su kullanım etkinliği (kg m⁻³).

Table 4. Irrigation water use efficiency and water use efficiency of sorghum and maize (kg m⁻³).

Sorgum (Sugar Sorghum)					
Konu Treatment	Verim (kg da ⁻¹) Yield (kg da ⁻¹)	Sulama Suyu (mm) Irrigation Water (mm)	ET (mm)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)
S0	2952	0	238	28,94	12,40
S1	9611	402	617	19,07	15,58
S2	9130	267	485	24,74	18,82
S3	6493	133	366	27,63	17,74
Mısır (Maize)					
Konu Treatment	Verim (kg da ⁻¹) Yield (kg da ⁻¹)	Sulama Suyu (mm) Irrigation Water (mm)	ET (mm)	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (kg m ⁻³)
S0	1.858	0	206	18,22	9,02
S1	5.938	402	610	11,78	9,73
S2	4.696	267	509	12,73	9,23
S3	2.813	133	336	11,97	8,37

Sorgum ve mısır bitkilerinin bitki boylarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Bitki türlerinin bitki boyu üzerine etkisi %1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bitki boyuna 305,64 cm ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en

düşük bitki boyu S0 (187,22 cm) konusundan elde edilmiştir. Bitki türü sulama suyu miktarı interaksiyonuna göre şeker sorgumunda S2 (403,25 cm) ve S1 (386,30 cm) konuları en yüksek bitki boyuna ulaşılan konular olmuştur. En düşük bitki boyu silajlık mısırdaki S0 (185,43 cm) konusunda elde edilmiştir.

Çizelge 5.2 Bitki boylarına ait varyans analiz tablosu.
Table 5. Variance analysis for plant height.

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Bitki Boyu (cm) Plant height (cm)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	258,18	B
	Sorgum (Sugar Sorghum)	305,64	A
	LSD (0,01)	8,47	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Bitki Boyu (cm) Plant height (cm)	
	S0	187,22	C
Sulama Suyu Miktarı	S1	349,22	A
(Irrigation Water Amount)	S2	341,12	A
	S3	250,02	B
	LSD (0.01)	11,98	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0001*	
x Bitki Türü (Crop Type)		0,5994	
Tekerrür (Replication)		0,5994	
Ortalamaların Karşılaştırılması Mean Comparison)		Bitki Boyu (cm) Plant height (cm)	
	S0-Mısır	185,43	F
	S0-Sorgum	189,00	F
	S1-Mısır	312,13	C
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation	S1-Sorgum	386,30	B
Water Amount x Crop Type)	S2-Mısır	279,00	D
	S2-Sorgum	403,25	A
	S3-Mısır	256,13	E
	S3-Sorgum	244,00	E
	LSD (0.01)	16,94	

Yücel ve ark. (2020), Adana koşullarında yürüttükleri araştırmada 232,2-429,3 cm arasında bitki boyu elde ettiklerini bildirmişlerdir. Geren ve Kavut (2009) ikinci ürün olarak ekilen bazı sorgum çeşitleri ile mısırı karşılaştırdıkları çalışmalarında en yüksek bitki boyunu 344,0 cm ile birinci yıl ekilen *S. Sudanense*'de,

en düşük bitki boyunu 137,6 cm ile ikinci yıl *S. Vulgare*'de elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bilen (2018), yaptığı araştırmada bitki boylarının 198-203 cm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Sorgum ve mısır bitkilerinin yaprak sap oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Yaprak sap oranlarına ait varyans analiz tablosu (%).

Table 6. Variance analysis of leaf-stem ratios (%).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		0,4551	
Tekerrür (Replication)		0,4964	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaprak Sap Oranı (%) Leaf-stem ratios (%)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	0,20	
	Sorgum (Sugar Sorghum)	0,18	
	LSD (0,01)	0,048	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0013*	
Tekerrür (Replication)		0,4964	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaprak Sap Oranı (%) Leaf-stem ratios (%)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S0	0,29	A
	S1	0,18	B
	S2	0,15	B
	S3	0,14	B
	LSD (0,01)	0,07	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0001*	
x Bitki Türü (Crop Type)		0,7004	
Tekerrür (Replication)			
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaprak Sap Oranı (%) Leaf-stem ratios (%)	
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation Water Amount x Crop Type)	S0-Mısır	0,25	AB
	S0-Sorgum	0,33	A
	S1-Mısır	0,17	BC
	S1-Sorgum	0,12	C
	S2-Mısır	0,17	BC
	S2-Sorgum	0,11	C
	S3-Mısır	0,19	BC
	S3-Sorgum	0,16	BC
	LSD (0,01)	0,097720	

Çizelge 6 incelendiğinde, yaprak-sap oranları açısından bitki türleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Mısır bitkisinde %20 yaprak sap oranı elde edilirken şeker sorgumunda %18 oranında yaprak sap oranı tespit edilmiştir. Sulama suyu miktarının yaprak sap oranı üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek yaprak sap oranına yağışa dayalı konuda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Yağışa dayalı

konuda (S0) %29 oranında yaprak sap oranı elde edilirken diğer konularda sırasıyla %18, %15 ve %14 oranlarında yaprak sap oranları elde edilmiştir. S1, S2 ve S3 konuları istatistiksel olarak aynı sınıfta yer almışlardır (Çizelge 6). Geren ve Kavut (2009) bazı sorgum çeşitleri ile mısırı karşılaştırdıkları çalışmalarında yıl-bitki türü interaksyonunun yeşil otta yaprak oranları üzerinde önemli etkiye sahip

olduğunu ve en yüksek yaprak oranının, ilk yıl (%33,2) ve ikinci yıl (%32,6) *Z. Mays* bitkisinde, en düşük yaprak oranının ise ilk yıl *S. Technicum*'da (%15,1) elde edildiğini bildirmişlerdir.

Yaş bitki ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir. Bitki türlerinin bitki yaş ağırlığı üzerine etkisi %1 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bitki ağırlığına 986,47 g adet¹ ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Mısır bitkisinde ise

357,11 g/adet olmuştur. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük bitki ağırlığı S0 (293,31g) konusundan elde edilmiştir.

Bitki türü sulama suyu miktarı interaksiyonuna göre şeker sorgumunda S1 (1.345,55 g) ve S2 (1.278,11 g) konuları en yüksek bitki ağırlığına ulaşılan konular olmuştur. En düşük bitki ağırlığı silajlık mısırdaki S0 (173,41 g) konusunda ortaya çıkmıştır.

Çizelge 7. Yaş bitki ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu (g).

Table 7. Analysis of variance table for fresh plant weights (g).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,3043	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaş Ağırlık (g) Fresh plant weights (g)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	357,11	B
	Sorgum (Sugar Sorghum)	986,47	A
	LSD (0,01)	126,625	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)		<0,0013*	
Tekerrür (Replication)		0,3043	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaş Ağırlık (g) Fresh plant weights (g)	
	S0	293,31	C
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S1	949,89	A
	S2	858,19	A
	S3	585,80	B
	LSD (0,01)	179,08	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount) x Bitki Türü (Crop Type)		<0,0117*	
Tekerrür (Replication)		0,3043	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Yaş Ağırlık (g) Fesh plant weights (g)	
	S0-Mısır	173,41	E
	S0-Sorgum	413,21	CDE
	S1-Mısır	554,21	C
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation Water Amount x Crop Type)	S1-Sorgum	1.345,55	A
	S2-Mısır	438,27	CD
	S2-Sorgum	1.278,11	A
	S3-Mısır	262,55	DE
	S3-Sorgum	909	BC
	LSD (0,01)	253,250369	

Kuru bitki ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, bitki türleri arasındaki kuru bitki ağırlıkları farkı, %1 anlam düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek bitki ağırlığına 258,22 g ile şeker sorgumunda ulaşılmıştır. Sulama konularında S1 ve S2 konusu aynı sınıfta yer alırken en düşük bitki ağırlığı S0 (84,75 g) konusundan elde edilmiştir.

Bitki türü sulama suyu miktarı interaksiyonuna göre şeker sorgumunda S1 (345,87 g) ve S2 (334,62 g) konuları en yüksek bitki ağırlığına ulaşılan konular

olmuştur. En düşük bitki ağırlığı silajlık mısırdaki S0 (48,98 g) konusunda ortaya çıkmıştır. Bilen (2018), sorgumda yaptığı araştırmada kuru madde oranının %18-20,15 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Şeker sorgumunun şeker oranları Çizelge 9’da verilmiştir. Elde edilen şeker oranlarında farklı sulama suyu uygulamaları arasında istatistiki anlamda fark bulunmamıştır. Teorik etanol verimleri Şekil 2’de gösterilmiş olup en yüksek etanol verimi 507,40 L da⁻¹ ile S3 konusundan, en düşük etanol verimi ise 225,75 L da⁻¹ ile kontrol konusundan (S0) elde edilmiştir.

Çizelge 8. Kuru bitki ağırlıklarına ait varyans analiz tablosu (g).

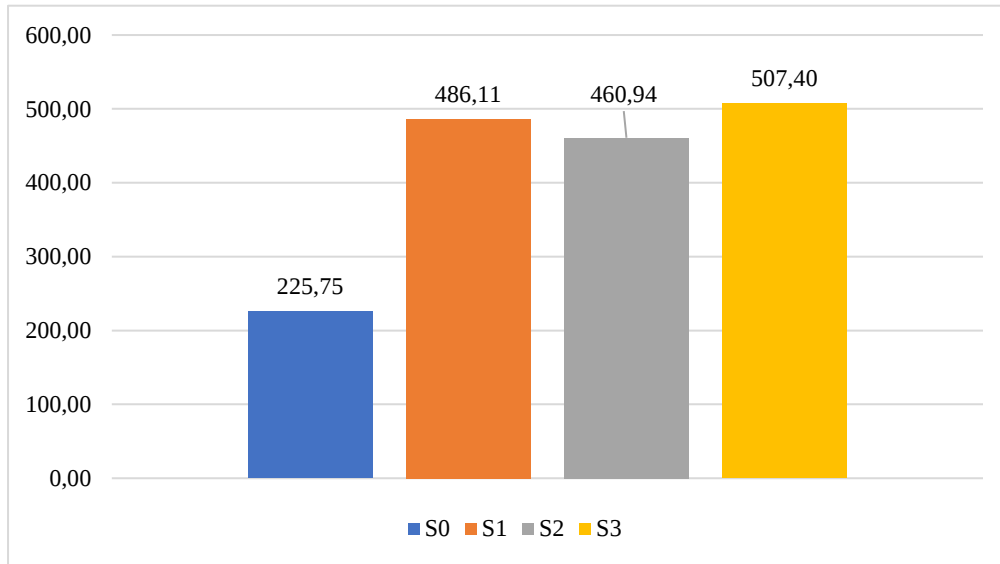
Table 8. Analysis of variance table for dry plant weights (g).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Bitki Türü (Crop Type)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,2842	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Kuru Ağırlık (g) Dry plant weights (g)	
Bitki Türü (Crop Type)	Mısır (Maize)	88,29	B
	Sorgum (Sugar Sorghum)	258,22	A
LSD (0,01)		32,477	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı(Irrigation Water Amount)		<0,0001*	
Tekerrür (Replication)		0,2842	
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)		Kuru Ağırlık (g) Dry plant weights (g)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S0	84,75	C
	S1	240,79	A
	S2	221,76	A
	S3	145,72	B
LSD (0,01)		179,08	
Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)		Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)	
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount) x Bitki Türü (Crop Type)		<0,0124*	
Tekerrür (Replication)		0,2842	
Ortalamaların Karşılaştırılması Mean Comparison)		Kuru Ağırlık (g) Dry plant weights (g)	
Sulama Suyu Miktarı x Bitki Türü (Irrigation Water Amount x Crop Type)	S1-Sorgum	345,87	A
	S0-Mısır	48,98	E
	S0-Sorgum	108,9	CDE
	S1-Mısır	135,71	C
	S2-Mısır	120,52	CD
	S2-Sorgum	334,62	A
	S3-Mısır	59,57	DE
	S3-Sorgum	231,87	B
LSD (0,01)		64,960263	

Çizelge 9. Sorgum şeker oranları (%).

Table 9. Sorghum sugar content (%).

Varyasyon Kaynakları (Source of Variation)	Varyans Analizi P Değerleri (ANOVA P-values)
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	0,6599
Tekerrür (Replication)	0,7119
Ortalamaların Karşılaştırılması (Mean Comparison)	Şeker (%) Sugar content (%)
Sulama Suyu Miktarı (Irrigation Water Amount)	S0 10,96 S1 10,02 S2 9,26 S3 12,37 LSD (0,01) 5,36



Şekil 2. Şeker Sorgum Teorik etanol verimi grafiği (L da-1).

Figure 2. Theoretical ethanol yield graph of Sugar sorghum (L da-1).

Yücel ve ark. (2020), Adana koşullarında yürüttükleri araştırmada %15,50-20,00 arasında brix değeri ve 202-530 L da⁻¹ arasında teorik etanol verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Aksoy ve ark. (2023) yürüttükleri çalışmada 21 farklı tatlı sorgum genotipini materyal olarak kullanmışlar ve teorik selülozik biyoetanol veriminin 183,7 ile 231,0 L ton⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Küçüksemerci ve Baytekin (2007), farklı sorgum çeşitleri ile yaptıkları çalışmalarda, PHS 12-10 çeşidinin sıra veriminin 1.913,5 kg da⁻¹ olarak elde edildiğini bildirmişlerdir. DüNDAR ve ark. (2019), çalışmalarında farklı sulama suyu düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkilerini araştırmışlar, şeker veriminin 612 ile 354 kg

da⁻¹, brix değerlerinin %15,3 ile 15,8, biyoetanol veriminin 326 ile 189 L da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yem kalite analiz sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir. Sorgum bitkisinde en yüksek kuru madde ve ME oranları S3 konusundan, en yüksek ham protein, ham kül, ADF oranları S0 konusundan, en yüksek ham selüloz ve nişasta oranları S2 konusundan, en yüksek NDF oranı S1 konusundan elde edilmiştir.

Mısır bitkisinde ise en yüksek kuru madde oranı S2 konusundan, en yüksek ham protein, ham selüloz, ham kül, ADF ve NDF oranları S0 konusundan, en yüksek ham yağ, nişasta ve ME oranları S1 konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 10. Kalite analiz sonuçları.
Table 10. Quality analysis results.

Sorgum (Sugar Sorghum)									
Konu Treatment	KM (%)	HP (%)	HS(%)	HK(%)	HY(%)	Niştasta (Starch) (%)	ADF(%)	NDF(%)	ME MJ/kg
S0	92,30	7,70	23,90	8,12	0,00	1,89	34,50	54,50	2.266
S1	92,70	5,77	25,00	6,10	0,00	2,30	33,80	56,50	2.333
S2	91,50	7,04	25,10	6,15	0,00	3,38	30,90	52,90	2.284
S3	93,50	5,90	22,00	5,60	0,00	1,60	31,80	54,20	2.442
Mısır (Maize)									
Konu Treatment	KM(%)	HP(%)	HS(%)	HK(%)	HY(%)	Niştasta (Starch) (%)	ADF(%)	NDF(%)	ME MJ/kg
S0	89,90	9,24	33,80	7,60	0,30	20,06	39,80	65,50	1.997
S1	91,40	4,98	15,90	3,50	0,60	40,20	19,70	34,20	2.602
S2	91,50	6,06	18,90	5,25	0,50	29,10	29,50	44,20	2.473
S3	90,90	7,20	17,20	4,10	0,44	26,80	28,10	39,50	2.520

KM: Kuru madde (Dry matter), HP:Ham protein (Raw protein), HS: Ham selüloz (Raw cellulose), HK:Ham kül (Raw ash), HY:Ham yağ (Raw oil), ADF: Asit deterjan lif (Acid detergent fiber), NDF: Nötral deterjan lif (Neutral detergent fiber), ME: Metabolik enerji (Metabolic energy), Niştasta (Starch).

SONUÇ

Bu araştırmada, Kırklareli koşullarında kısıntılı sulamanın tatlı sorgum ve silajlık mısır bitkilerinin verim ve kalite parametrelerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, sulama suyu uygulamalarının bitki verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini açıkça göstermiştir. Kırklareli koşullarında şeker sorgumu ve silajlık mısır bitkilerinin aynı koşullar altında yetiştirilmesi sonucu yeşil yem verimi, bitki boyu, bitki kuru ağırlığı ve bitki yaş ağırlığı ölçümleri sonucunda elde edilen sonuçlarda şeker sorgumu istatistiksel olarak silajlık mısıra oranla öne çıkmıştır. S1 ve S2 sulama uygulamaları ile tatlı sorgumda en yüksek yeşil yem verimi elde edilmiştir. Sulama suyu miktarının daha etkin kullanılması için sulama planlarının, yerel iklim koşullarına ve toprak yapısına göre düzenlenmesi önemlidir.

Bu bulgular ışığında, Kırklareli gibi su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde çiftçilerin tatlı sorgum gibi yüksek su kullanım etkinliğine sahip bitkilere yönlendirilmesi önem arz etmektedir. Yerel iklim ve toprak koşulları dikkate alınarak sulama planlarının optimize edilmesi, sulama suyu tasarrufu açısından kritik bir adım olarak değerlendirilmektedir. Araştırma, farklı iklim ve toprak koşullarında yinelenmeli ve bu doğrultuda elde edilecek veriler, bölgesel sulama yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamalıdır.

Benzer çalışmaların farklı iklim koşulları ve toprak yapılarında da yapılması önerilmektedir. Uzun vadeli veriler, sulama yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve yerel çiftçilere en iyi uygulamaların sunulması açısından kritik öneme sahiptir.

Kısıntılı sulama koşullarında elde edilen sonuçlar, su kaynaklarının korunmasının ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının önemini ortaya koymaktadır. Kırklareli gibi su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde, çiftçilerin sulama suyu yönetiminde daha bilinçli hale gelmesi için eğitim programları düzenlenmelidir. Çiftçilere, sulama sistemlerini modern teknolojilerle entegre etmeleri ve suyun daha etkin kullanılmasını sağlayacak yöntemler hakkında bilgi verilmelidir. Bu sistemlerin hem su tasarrufu hem de bitki verimliliğini artırma potansiyeli göz önünde bulundurularak yaygınlaştırılması, tarımsal sürdürülebilirlik açısından faydalı olacaktır.

Arazi yönetimi ve planlaması, sulama uygulamalarının etkinliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, yerel tarımsal üretim alanlarının su kaynakları, iklim koşulları ve toprak özellikleri doğrultusunda kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece, sulama ihtiyacı en iyi şekilde belirlenebilir ve uygulanan sulama seviyeleri, bitki türlerinin su tüketimiyle uyumlu hale getirilebilir.

Tarımda su kullanımının etkinliğini artırmak için devlet politikalarının geliştirilmesi ve uygulanması

büyük önem taşımaktadır. Su tasarrufu sağlayan tarım uygulamalarına yönelik teşviklerin artırılması, çiftçilerin bu yöntemleri benimsemelerini kolaylaştırabilir. Ayrıca, kısıntılı sulama koşullarında başarılı uygulamaları destekleyen programlar ve

hibeler ile çiftçilerin finansal yüklerinin hafifletilmesi sağlanmalıdır. Bu tür destekler hem ekonomik kalkınmayı hızlandıracak hem de tarımsal sürdürülebilirliği artıracaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Adıyaman, C., E. Erbil, A. Çelik, H. Hatipoğlu, M. Aksoy, M. Acar ve M. Dok. 2020. İkinci ürün tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]'un Şanlıurfa koşullarında bazı tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10 (4): 3084-3094.
- Aksoy, M., A. Çelik, M. Dok, C. Yücel ve K. Aydın. 2023. Çukurova koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinin selülozik biyoetanol veriminin belirlenmesi. JOTAF 20 (1): 61-70.
- Akşit, C. 2020. Yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile uygulanan farklı sulama suyu miktarlarının silajlık mısır verimine etkisi. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Ankara.
- Anonim. 2010. Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim. 2023. Bitkisel üretim verileri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>
- Avcıoğlu, R., R. Hatipoğlu ve Y. Karadağ. 2009. Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Yembitkileri Buğdaygil ve Diğer Familyalardan Yem Bitkileri. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. 3: 189-199. İzmir.
- Aydınşakir, K., D. Buyuktas, N. Dinç, C. Erdurmus, E. Bayram ve A.B. Yegin. 2021. Yield and bioethanol productivity of sorghum under surface and subsurface drip irrigation. Agric. Water Manag. 243: 106452.
- Benami, A. and M.H. Diskin. 1965. Design of sprinkling irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering, Publication. Technion Israel Institute of Technology. Haifa. 23:143.
- Bilen, Y. 2018. Banaz şartlarında ikinci ürün sorgum-sudan otu yetiştirilmesi olanakları üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi. SDÜ Zir. Fak. Fen Bil. Ens. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Isparta.
- Blake, G. R. 1965. Bulk Density in Methods of Soil Analysis. pp. 374-390. In C.A. Black. (Ed) Agronomy. No. 9. Part 1. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c30>
- Çakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89(1): 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>
- Dağdelen, N., F. Sezgin, T. Gürbüz, H. Akçay ve A. Ünay. 2010. Farklı sulama rejimleri altında silajlık mısırın su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi. ADÜ Ziraat Derg. 7 (1): 55-64.
- Davis, J. G., and West, J. W. 2005. Nutrient management and water quality. Journal of Dairy Science. 88(E. Suppl.)E17-E24. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73190-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73190-0)
- Değirmenci, H. ve M. Keten. 2020. Kısıntılı Sulama Koşullarında İkinci Ürün Silajlık Sorgum ve Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkisi ve Light Bar Tekniği Kullanarak Fotosentetik Aktif Radyasyonla Kanopinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Kahramanmaraş.
- Djaman K., S. Irmak, W.R. Rathje, D.L. Martin and D.E. Eisenhauer. 2013. Maize evapotranspiration, yield production function, biomass, grain yield, harvest index, and yield response factors under full and limited irrigation. Transactions of the ASABE 56 (2): 273-293.
- Dündar, M. M. Ünlü ve C. Yücel. 2019. Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkileri. MKU. Tar. Bil. 24: 211-221.
- Dündar, M., C. Yücel, M. Ünlü ve C.A. Oluk. 2020. Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin tatlı sorgumun biyokütle verimine ve yem kalitesine etkileri. Derim 37(1): 86-94.
- Enciso, J., J. Jifon, L. Ribera, S.D. Zapata and G.K. Ganjegunte. 2015. Yield, water use efficiency and economic analysis of energy sorghum in the South Texas. Biomass & Bioenergy 81: 339-344.
- Garofalo, P., A.V. Vonella, S. Ruggieri and M. Rinaldi. 2011. Water and radiation use efficiencies of irrigated biomass sorghum in a Mediterranean environment. Ital. J. Agron. 6 (2): 134-139.
- Geren, H. ve Y.T. Kavut. 2009. İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum Sp.*) türlerinin mısır (*Zea Mays L.*) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 46 (1): 9-16.
- Hao, B., Q. Xue, T. Marek, K.E. Jessup, J.D. Becker, X. Hou, W. Xu, E.D. Bynum, B.W. Bean, P.C. Colaizzi and T.A. Howell. 2018. Grain yield, evapotranspiration, and water-use efficiency of maize hybrids differing in drought tolerance. Irrig. Sci. 37 (1): 25-34.

- Howell, T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal* 93(2): 281–289. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.932281x>
- Kanber, R. 1997. Sulama sistemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174. Ders Kitapları Yayın No: 5. Adana.
- Kanber, R., ve Y. Güngör. 1986. Sulama suyu miktarının belirlenmesi ve ölçülmesi). T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Kara, S. ve M. Şahin. 2021. Water-yield relations of drip irrigated maize in arid and semi-arid regions. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 31(1): 9-20. <https://doi.org/10.18615/anadolu.949833>
- Karam, F., R. Kabalan, J. Breidy, Y. Roupahel, and T. Oweis. 2003. Yield and water-production functions of two maize hybrids in the Bekaa Valley of Lebanon. *Agricultural Water Management* 62(2): 93–102. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00173-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00173-3)
- Kutlu HR., 2008. Yem değerlendirme ve analiz yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü. Ders Notu. Adana. 63 s.
- Küçüksemerci, O. ve H. Baytekin. 2017. Çanakkale koşullarında yetiştirilen şeker sorgumda ekim sıklığının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 4 (1): 95-100.
- Miller, A.N. and M.J. Ottman. 2010. Irrigation frequency effects on growth and ethanol yield in Sugar sorghum. *Agronomy Journal* 102 (1): 60-70.
- Moray, S. ve A. İstanbulluoğlu. 2022. Tekirdağ koşullarında sorgum-sudan otu melezi (*Sorghum bicolor-Sorghum sudanense*) su verim ilişkileri. *JOTAF* 19 (1): 166-176.
- Naescu, V. and C. Nita. 1991. Influence of irrigation on forage crops under the conditions of Fundulea. *Probleme de Agrofitotehnie Teoretica Si Aplicata* 13: 141-146.
- NeSmith, D. S., and J. T. Ritchie. 1992. Effects of soil water deficits during tassel emergence on development and yield component of maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research* 28(3): 251–256. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(92\)90044-B](https://doi.org/10.1016/0378-4290(92)90044-B)
- Oluk, A., H. Yücel, İ. İnal, F. Bilgin, E. Yazgan ve U. Serbester. 2022. Tatlı sorgumda (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi ile yem kalitesinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 25 (2): 415-422.
- Pandey, R. K., J. W. Maranville, and A. Admou. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management* 46(1): 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00073-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00073-1)
- Payam, M. and A. Yousef. 2005. Study of plant density and irrigation intervals on forage yield and some physiological traits in forage sorghum. *Iranian Journal of Crop Sciences* 6 (4): 374-382.
- Ramos, T.B., J. Simunek, M.C. Gonçalves, J.C. Martins, A.O. Prazeres and L.S. Pereira. 2012. Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from Sugar sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. *Agric. Water Manag.* 111: 87-104.
- Sezgin, E. N. ve F. Alatürk. 2023. Bazı şeker sorgum çeşitlerinde farklı biçim uygulamalarının ot verimi ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Acta Natura et Scientia* 4 (2): 194-215.
- Shenkut, A., K. Tesfaye and F. Abegaz. 2013. Determination of water requirement and crop coefficient for sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) at Melkassa, Ethiopia. *Sci. Technol. Arts Res. J.* 12(3): 16-24.
- Turgut, I., T. Akdemir ve T. Sağlamtimur. 2005. Effect of plant populations and nitrogen doses on fresh ear yield and kernel protein content of Sugar corn (*Zea mays saccharata* Sturt). *Plant Soil and Environment* 51(3): 114–121. <https://doi.org/10.17221/3548-PSE>
- Urrea, R.L., L.M. Molina, F. De La Cruz, A. Montoro, J.G. Piqueras, M. Odi-Lara and J.M. Sánchez. 2016. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated biomass sorghum for energy production. *Irrig. Sci.* 34 (4): 287–296.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Yücel, D., C. Yücel, H.A. Karaağaç, B. Çakır ve R. Hatipoğlu. 2020. Adana koşullarında tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol potansiyelinin belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural ve Medical Sciences* 7 (9): 239-246.
- Zhang, H., T. Y. Oweis, S. Garabet, and M. Pala. 1998. Water-use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rain-fed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean-type environment. *Plant and Soil* 201(2):295–305. <https://doi.org/10.1023/A:1004328004860>