



The effects of different water levels on biomass and bioethanol yield of second crop sorghum in Çukurova conditions

Çukurova koşullarında farklı su düzeylerinin ikinci ürün tatlı sorgumun biyokütle ve biyoetanol verimine etkileri

Muhammed DÜNDAR¹, Mustafa ÜNLÜ¹, Celal YÜCEL²

¹Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey.

²Şırnak University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Şırnak, Turkey

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Ö Z E T / A B S T R A C T

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Sorghum, Deficit irrigation, Yield, Water use efficiency, Bioethanol, Biomass.

Corresponding author: Mustafa ÜNLÜ

✉: munlu@cu.edu.tr

Aims: In the recent years Agricultural products that use water effectively have become important due to climate changes. Since sweet sorghum is more tolerant to drought and higher temperatures than other crops, it is important to know the different water levels of the plant. The aim of this study was to determine the effects of different water levels on biomass and bioethanol yields in second crop sweet sorghum under Çukurova conditions.

Methods and Results: The study was carried out in the year of 2017, in the research field of Cukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation by using randomized block design with 3 replications. In the experiment, different irrigation water levels (I1, I2, I3, I4) were applied during plant development periods. In this research, irrigation water was applied to the experimental treatments between 479.6 mm and 227.8 mm.

Conclusions: : In the study, it was found that different water levels had a significant effect on dry matter yield and bioethanol yields, dry matter yield was ranged from 6007.4 kg da⁻¹ to 3661.8 kg da⁻¹, bioethanol yield was also ranged from 189 L da⁻¹ to 326 L da⁻¹. Irrigation water use efficiencies (IWUE) were determined between 16.07 kg m⁻³ and 12.43 kg m⁻³. Water use efficiencies (WUE) also were between 10.2 kg m⁻³ and 9.4 kg m⁻³. The yield respons factor (ky) value was determined as 1.17.

Significance and Impact of the Study: In the study, different irrigation water levels were applied and it was obtained that the highest yield was taken from fully irrigated treatment (I1) and the lowest yield was taken from the least irrigated treatment (I4). According to irrigation water levels, yields decreased in parallel.

Atıf / Citation: Dündar M, Ünlü M, Yücel C (2019) The Effects of Different Water Levels on Biomass and Bioethanol Yield of Second Crop Sorghum in Çukurova Conditions. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :211-221

GİRİŞ

Fosil yakıt fiyatlarındaki artış, tükenmekte olan petrol rezervleri ve en önemlisi geleneksel adıyla "sera etkisi" küresel ısınmanın ilerleyişi, enerji bitkilerinin önemini daha da arttırmıştır. Karlılığı değerlendirmek ve yaygınlaştırmak için enerji bitkilerinin ekimi, en uygun olanını seçmek ve bu iki şartı yerine getirirken yaşanan belirli olayların sonucunda sulama suyundaki azalma,

düzensiz düşen yağmur suyu, artan hava sıcaklığı vs. gibi koşullar altında elde edilebilecek maksimum verim ön koşul hale gelmiştir.

Tarımsal üretimde, en önemli girdilerden birisi sulamadır. Günümüzde, az işçilik ve az enerji kullanımı gerektiren, verim ve kaliteyi artıran damla sulama yönteminin kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Sorgum üretiminde diğer tarımsal uygulamaların yanında, sulamadan en etkin bir biçimde

yararlanmak, verim ve kaliteyi en fazla sağlamak için, damla sulama ile bitkilere verilecek sulama suyunun miktar ve zamanının bilinmesi de önemlidir.

Sulamanın, sorgum bitkisinin verimini arttırdığı çalışmalarla kanıtlanmıştır. Sulamanın miktarı ve sayısı, bölge iklimine ve toprak yapısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Sorgumun salkımlanma ve çiçeklenme döneminde su tüketiminin arttığı yapılan çalışmalarla anlaşılmıştır (Al-Kaisi ve Broner, 2010).

Sorgum bir C4 bitkisidir, fotosentetik veriminin yüksek olması ile tanınır. Ayrıca, sorgum, büyüme özelliklerinde değişkenlik gösteren yıllık bir üründür. Sorgumla ilgili yapılan çalışmalarda, tahıl ve yem tipi sorgum çeşitlerinde dört karbonlu fotosentetik yollarla birlikte % 30 daha fazla kuru madde elde edildiği ve üç karbonlu ürünlere kıyasla, yarı-kurak bölgelere daha fazla adapte olduğu belirtilmiştir (Samson ve Knopf, 1994).

Ankara koşullarında sorgumla yürütülen farklı ekim zamanı ve ekim sıklığının verime olan etkisini araştırdıkları çalışmada, en yüksek verimin 40x20 cm bitki sıklığı ile 20 Nisan'da yapılan ekimden elde edildiği bildirilmiştir (Emeklier ve Köksoy, 1997).

Tatlı Sorgum kurak iklim koşullarına karşı yüksek toleransa sahip olduğundan, sıcak ve kuru iklim koşullarında etanol üretiminde hammadde olarak kullanılabilir. İran'da yapılan bir çalışmada, sıcak ve kuru bölgelerde ekimi yapılan tatlı sorgum bitkisinden hektar başına 80 ton sap, 5 ton tane ve 15 ton yeşil yaprak elde edilmiştir. Ayrıca, 29 tatlı sorgum çeşidi ve hatları arasında yapılan karşılaştırmada, Rio çeşidinin daha yüksek biyokütle (117.14 t ha^{-1}), sap verimi (95 t ha^{-1}), tane verimi (5.0 t ha^{-1}) ve yaprak verimine (17.00 t ha^{-1}) sahip olduğu görülmüştür (Almodares ve Hatamipour, 2011).

Naescu ve Nita (1991), sorgumda tane üretimi almak için gerekli sulama suyu miktarını yaklaşık 400 ila 500 mm olarak belirlemişlerdir. Yemlik sorgumun yaş ot verimleri, sulama olmadan 38.3 t ha^{-1} iken, 560 mm su uygulandığında ise 88.4 t ha^{-1} e kadar arttığını bildirmişlerdir.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları, su tüketim değerleri ve ortalama dane verimleri arasındaki ilişkileri tanımlayan su verim fonksiyonları aynı zamanda bitki su gereksinimlerinin, bitki büyüme modellerinin, su kullanım verimliliğinin ve sulama

programlarının değerlendirilmesinde, su dağıtım işlemlerinde ve sulama sistemlerinin tasarım, işletme ve ekonomik analizlerinde de kullanılır. Bu çalışmalarda ana amaç su kullanım randımanını (WUE) artırmak ve brim sudan maksimum verim elde etmektir (Gençoğlan ve Yazar, 1999; Solaimalai ve ark., 2001). Dhonde ve ark. (1986)'da yapmış oldukları çalışmada ise sorgum bitki su tüketiminin artmasıyla WUE azaldığını ve WUE değerinin, 10.7 kg.mm^{-1} olarak elde edildiğini saptamışlardır.

Araştırma, Çukurova ikinci ürün koşullarında tatlı sorgumda farklı su düzeylerinin biyokütle ve bioetanol verimlerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada bitki materyali olarak tek tip sorgum çeşidi M81E kullanılmıştır. Çalışma Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2017 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı denizden 20 m yükseklikte olup, $36^{\circ} 59'$ ve $35^{\circ} 18'$ E enlem ve boylamları arasında yer almaktadır. Yörede Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yörede gözlemlenen uzun yıllık iklim verileri sonuçlarına göre, yıllık ortalama sıcaklık $18.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$; en soğuk ay $9.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Ocak, en sıcak ay ise $28.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağış 646 mm 'dir. Yağış dağılımı homojen olmayıp genellikle kış aylarında düşmektedir. Ortalama yıllık oransal nem %66, buharlaşma 1308 mm yıl^{-1} , rüzgar hızı 2.0 m sn^{-1} dolaylarındadır.

Mutlu serisine giren deneme alanı toprakları düz ve düze yakın topoğrafyada yer alır. Yüksek oranda şişme özelliği taşıyan, ince kil içeren bu topraklar kireç açısından orta derecede zengin ve koyu kırmızımsı kahverengi rengindedirler. Kil oranı her zaman %50'den fazla olan bu toprakların kurak aylarda, 2-4 cm genişliğinde ve 150 cm'den daha derin çatlaklar oluşturdukları gözlenmiştir (Özbek ve ark., 1974). Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri (Baştuğ, 1987)

Derinlik (cm)	Toprak Dane Büyüklük Dağılımı			Bünye	Hacim Ağırlığı (g.cm ⁻³)	*Tarla Kapasitesi (%)	*Solma Noktası (%)
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)				
0-30	27.6	21.2	51.2	KİL	1.19	34.4	17.5
30-60	27.5	19.1	53.4	KİL	1.16	36.7	18.2
60-90	28.4	18.1	53.5	KİL	1.15	38.4	19.1
90-120	27.4	19.1	53.5	KİL	1.25	37.7	19.4
120-150	25.3	21.3	53.4	KİL	1.24	37.0	18.7

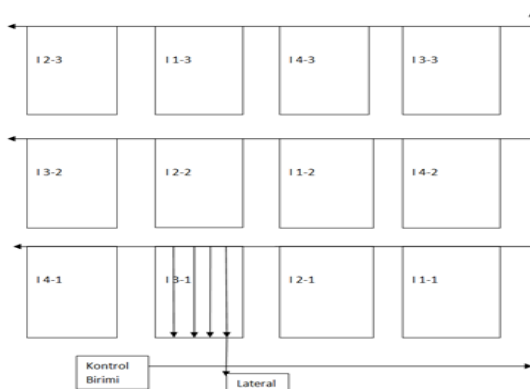
* Kuru ağırlık cinsinden

Çizelge 2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri (Baştuğ, 1987)

Derinlik (cm)	Doygunluk (%)	pH	Tuz İçeriği (dS/m)	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	Organik Madde (%)
0-30	64.6	7.87	0.21	473	25	1.34
30-60	67.3	7.61	0.12	473	29	1.07
60-90	69.3	7.81	0.14	-	-	-
90-120	66.5	7.97	0.13	-	-	-
120-150	72.4	7.64	0.18	-	-	-

Denemede kullanılan sulama suyu, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma Uygulama Çiftliğinden geçen DSİ sulama kanalından sağlanmıştır. Sulama kanalından alınan sulama suyu örnekleri USSS (1954)'de verilen esaslardan yararlanarak laboratuvarında analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda kullanılan sulama suyunun orta tuzlu-düşük sodyumlu (C₂S₁) sulama suyu sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Ekim işlemleri, tohum 2-3 cm derinliğe düşecek şekilde ve her parselde altı sıra olarak yapılmıştır. Parsellerin boyutları ise 5 metre uzunluğunda ve 4.2 m enindedir (Şekil 1). Çalışma 3 yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiştir. 4 konu için 12 parsel oluşturulmuş ve sulama aralığı 7 gün olarak belirlenmiştir. Sulama konularının oluşturulmasında dört farklı bitki-pan katsayısı: I1 konusu için K_{cp}:1.00, I2 konusu için K_{cp}:0.75, I3 konusu için K_{cp}:0.50 ve I4 konusu için ise K_{cp}:0.25 değerleri kullanılmıştır.



Şekil 1. Deneme parsellerinin genel planı

Çalışmada çıkış sonrası bitkilere (15-20 cm iken) tekleme, 8-9 yapraklı olduğunda ara çapa ve boğaz doldurma işlemleri yapılmıştır. Yabancı ot mücadelesinde ise denemede yoğun bir yabancı ot olmadığından dolayı, herhangi bir yabancı ot ilacı kullanılmamış, birkaç kez mekanik mücadele tercih edilmiştir. Ayrıca, denemede, özellikle sap kurtlarına karşı ilaçlamalar Ç.Ü Bitki Koruma Bölümü uzmanlarının görüşleri doğrultusunda yapılmıştır. Araştırmada her sulama öncesi etkili kök derinliğindeki (120 cm) nem içeriği gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Konulara verilen sulama suyu miktarlarının belirlenmesinde, A sınıfı buharlaşma kabından oluşan buharlaşma değerleri göz önüne alınmıştır.

Parsellere Uygulanan Sulama Suyu Miktarının Hesaplanması

Deneme parsellerine ilk sulama uygulaması 120 cm etkili kök derinliğindeki toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde yapılmıştır. Parsellere uygulanan sulama suyu miktarının hesaplanmasında, açık su yüzeyi buharlaşma eşitliğinden yararlanılmıştır (Kanber, 1984).

$$I = A \times E_p \times K_{cp} \times P \quad \text{Eş (1)}$$

I: Sulama suyu miktarı (L)

A: Parsel alanı (m²)E_p: Sulama aralıklarındaki yığılımlı buharlaşma (A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma (mm)K_{cp}: Bitki-pan katsayısı

P: Örtü yüzdesi (%)

Denemede kullanılan damla sulama sisteminde lateraller $\Phi 16$ mm çapında olup üzerinde 100 kPa işletme basıncında debisi 4.00 L h^{-1} olan damlaticılar yer almaktadır. Damlaticılar lateral hattı üzerinde 0.20 m aralıklarla ve her sorgum sırasına (70 cm) bir lateral gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Örtü yüzdesi (P), bitki taç genişliğinin bitki sıra aralığına bölünmesi ile hesaplanmıştır. P için bitki gelişme süresi boyunca örtü yüzdelere göre değişen değerler kullanılmıştır (Kanber ve Güngör, 1986). P değeri %70'e ulaştığında ise anılan değer sulama sezonu boyunca sabit olarak alınmıştır.

Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanının Saptanması

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve elde edilen hasat verimlerine göre elde edilen sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanı değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Howell ve ark., 1990; Zhang ve ark., 1999).

$$IWUE = \frac{Y_i}{I} \quad \text{Eş (2)}$$

$$WUE = \frac{Y_i}{ET} \quad \text{Eş (3)}$$

Eşitliklerde;

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı, kg m^{-3} ,

WUE: Su kullanım randımanı, kg m^{-3} ,

Yi: Sulama suyu uygulanan deneme konularının verimi, kg da^{-1} ,

I: Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

ET: Ölçülen bitki su tüketimi, mm'dir.

Su kullanım etkinliği (WUE) kuru madde veriminin (kg da^{-1}) mevsimlik evapotranspirasyon (mm) değerine bölünmesiyle ve sulama suyu kullanımı etkinliği değeri (IWUE) ise kuru madde veriminin (kg da^{-1}) uygulanan sulama suyu miktarına (mm) bölünmesiyle belirlenmiştir.

Su-Verim İlişkisi

Elde edilen sonuçların ekonomik olarak değerlendirilebilmesi için uygulanan sulama suyu ve ölçülen bitki su tüketimi ile hasat verimi arasında su-üretim fonksiyonları belirlenmiştir (Howell ve ark., 1990). Ayrıca, su kısıtlamasının hasat verimi üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkiler Stewart modeli olarak bilinen su-verim ilişkisi yöntemi ile belirlenmiştir (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Bitki Üretim Fonksiyonu

Denemede oransal evapotranspirasyon açığı ile verim azalması arasındaki ilişkilerin ve verim tepki etmeni (ky) değerlerinin belirlenmesinde Stewart modeli kullanılmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979; Stegman ve ark., 1981). Anılan model matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$(1-Y_a/Y_m) = ky \cdot (1-ET_a/ET_m) \quad \text{Eş (4)}$$

Burada; ET_a ve Y_a : Bitkinin yetiştirildiği koşullardaki gerçek su tüketimi ve bu tüketime karşılık elde edilen gerçek verim;

ET_m ve Y_m : Bitkinin büyüme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı koşullarda maksimum su tüketimi ve buna karşılık elde edilen maksimum verim; ky: Evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı gösteren verim tepki etmenidir.

Yaprak Alan İndeksi (LAI) ve Kuru Madde Verimi

Çalışmada yaprak alan indekslerinin belirlenmesi için bitki sıralarının 0.60 m'lik uzunlukları kullanılmıştır (3 bitki alınacak şekilde işlemler yapılmıştır). Alınan uzunluk üzerindeki bitkiler, toprak yüzeyinden kesilerek; örneğin içerdiği yaprakların tümünün bir yüzeylerinin alanları, optik yaprak alan ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen yaprak alanların toplamı, alınan bitkilerin temsil ettiği alana oranlanarak yaprak alan indeksleri hesaplanmıştır (Mitchell, 1970).

Kuru madde (biomass) değerleri, yaprak alan indeksinin belirlenmesinde kullanılan bitki örneklerinden saptanmıştır. Yaprak alanları ölçüldükten sonra, yaprak dahil, tüm bitki kısımları küçük parçalara ayrılarak, kağıt torbalar içinde $65-68 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur (Roberts ve ark., 1985). Kurutulan örnekler tartılmış ve alınan bitki örneğinin temsil ettiği alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Gardner ve ark., 1985).

Biyomas, Özsu miktarı, Brix Ölçümü, Şeker ve Etanol Verimi

Genotiplerin brix ve özsu değerlerinin saptanması için, yaprak ve salkımlarından ayrılan saplar ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Her tekrarlamadan sonra sıkılan şıranın bir kısmı ölçülüp atıldıktan sonra, ikinci ölçümlerden örnekler alınmış ve brix değerleri (%) refraktometre yardımıyla bu örneklerden saptanmıştır. Aynı örneklerde, bitki başına öz su ve brix değerleri saptanmıştır (Yücel ve ark., 2018). Özsu verimi (L da^{-1}), her parselde rastgele seçilen 5 bitkinin saplarının sıkılması ile elde edilen özsu miktarı ml bitki $^{-1}$ cinsinden ölçülerek dekarda olması gereken sap sayısına göre hesaplanmıştır. Teorikşeker verimi (kg da^{-1}), şıra

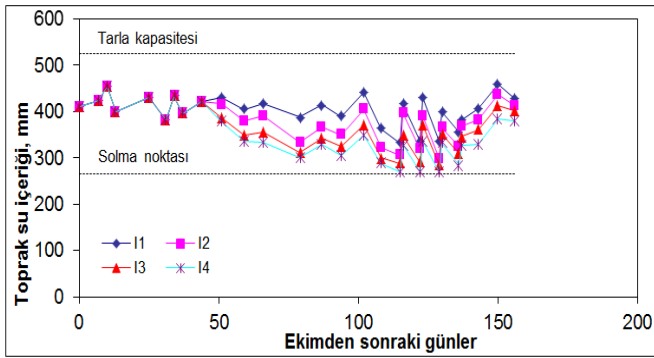
veriminin 0.85 katsayısı ile çarpılması ile belirlenmiştir. Teorik etanol verimi (kg da^{-1}), $[(\text{toplam şeker} (\text{kg da}^{-1})/5.68) \times 3.78] \times 0.80$ formülü yardımıyla hesaplanmıştır (Yücel ve ark., 2018).

Araştırma sonucunda bitkisel özelliklerden elde edilen verilerin, tesadüf blokları deneme desenine göre JMP istatistikî paket programında varyans analizleri yapılmış, istatistiksel olarak önemli çıkan ortalamaları, LSD (0.05) çoklu karşılaştırma testine göre karşılaştırılmıştır (Yurtsever, 1984).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprak Profiline Su İçeriği Gözlemleri

Araştırma konularında toprak profilinin 120 cm etkili kök derinliğine kadar, sulama öncesi gravimetrik yöntemle belirlenen, toprak su içeriklerinin zamana göre değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. Anılan şekilden görüleceği gibi, toprak su içeriğinin bitki gelişim dönemi boyunca tarla kapasitesi ile solma noktası arasında olduğu belirlenmiştir.



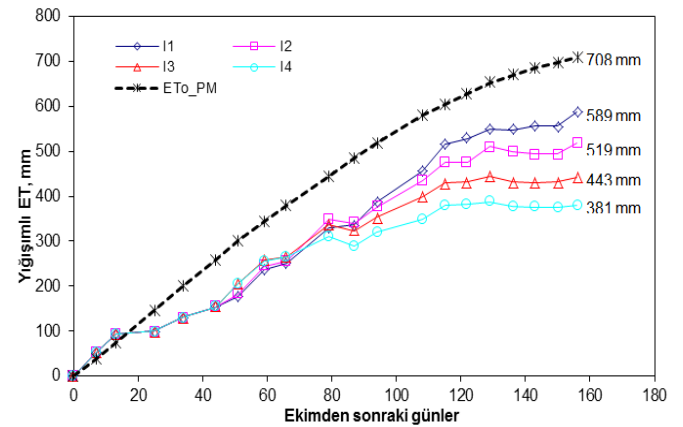
Şekil 2. Araştırma konularının sulama öncesi toprak su içeriğinin değişimleri

Sulamaya İlişkin Bulgular

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 3'de verilmiştir. Anılan çizelgeden görüleceği gibi, her deneme konusuna, ekim ile birlikte can suyu uygulanmış ve deneme konularına bu uygulamalar, konulu sulamaların başlama tarihi olan 27.07.2017 tarihine kadar eşit sulama uygulamaları ile devam etmiştir. En yüksek sulama suyu miktarı, kısıt uygulanmayan I1 konusunda toplam 479.60 mm olmuştur. Diğer deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ise, I2 konusuna 395.66 mm, I3 konusuna 307.76 mm ve I4 konusuna ise 227.80 mm olarak ölçülmüştür.

Bitki Su Tüketimi (ET)

Bitki büyüme dönemi boyunca deneme konularından elde edilen bitki su tüketimleri, Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Konulara göre bitki su tüketimlerinin zamana göre değişimleri

Çizelge 3. Konulara Göre Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm)

Tarih	Sulama Yöntemi	Sulama Konuları				
		I1	I2	I3	I4	
13.06.2017	Yağmurlama Sulama	37.65	37.65	37.65	37.65	
16.06.2017		7.59	7.59	7.59	7.59	
20.06.2017		9.06	9.06	9.06	9.06	
26.06.2017		8.51	8.51	8.51	8.51	
29.06.2017		7.46	7.46	7.46	7.46	
30.06.2017		12.73	12.73	12.73	12.73	
03.07.2017		15.12	15.12	15.12	15.12	
08.07.2017		16.08	16.08	16.08	16.08	
14.07.2017		17.59	17.59	17.59	17.59	
17.07.2017		3.38	3.38	3.38	3.38	
20.07.2017		8.70	8.70	8.70	8.70	
27.07.2017		Damla Sulama	32.24	24.18	16.12	8.06
04.08.2017			32.24	24.18	16.12	8.06
11.08.2017			28.31	21.23	14.15	7.08
18.08.2017	27.15		20.36	13.57	6.79	
25.08.2017	22.37		16.77	11.18	5.59	

Çizelge 3. (devamı)

01.09.2017		26.26	19.70	13.13	6.57
08.09.2017		25.26	18.95	12.63	6.32
15.09.2017		24.33	18.24	12.16	6.08
22.09.2017		19.00	14.25	9.50	4.75
29.09.2017	Damla Sulama	23.06	17.29	11.53	5.76
06.10.2017		17.44	13.08	4.75	4.36
13.10.2017		18.77	14.08	9.39	4.69
20.10.2017		19.75	14.82	9.88	4.94
27.10.2017		19.54	14.66	9.77	4.89
Toplam:		479.60	395.66	307.76	227.80

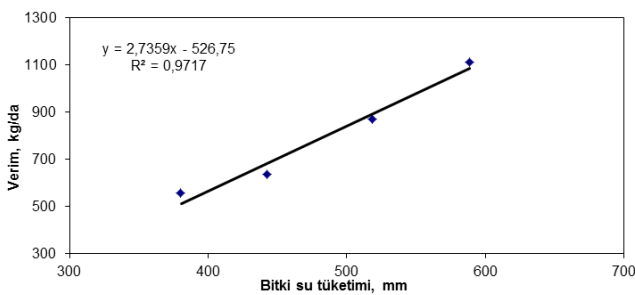
Şekil 3'den görüleceği gibi yığışlımı bitki su tüketim değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak değişiklik göstermişlerdir. Çalışmada elde edilen en yüksek gerçek bitki su tüketim değeri 589 mm ile I1 konusunda oluşurken, I2 konusunda 519 mm, I3 konusunda 443 mm ve en az ise 381 mm ile I4 konusunda meydana gelmiştir.

Su-Verim İlişkileri

Sorgum hasadıyla birlikte sulama konuları incelendiğinde elde edilen sonuçlarda I1 konusundan en yüksek verim elde edilmiştir. Diğer konulardan ise sulama sularına bağlı olarak daha az miktarlarda verimler elde edilmiştir (Çizelge 4). Ayrıca, çalışmada ölçülen bitki su tüketimleri ile bunlara karşılık gelen verimler arasındaki ilişki Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Bitki Su Tüketimi ve Verim Değerleri

Konular	ET (mm)	Verim (kg da ⁻¹)
I1	588.5	1111.1
I2	518.6	873
I3	442.9	634.9
I4	380.4	555.5



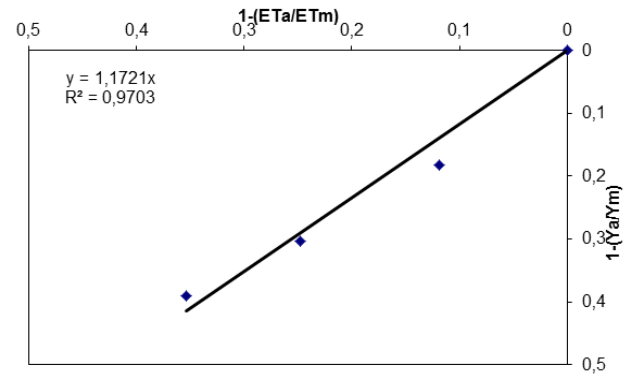
Şekil 4. Tane verimi sulama suyu ilişkisi

Kocaöner (2014), Söke koşullarında yapmış olduğu çalışmada, gecikmiş ana ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgum bitkisinden en düşük 280.4 kg.da⁻¹, en yüksek 347.5 kg.da⁻¹ tane verimi elde etmişlerdir. Zhao ve ark. (2009) Pekin-Çin koşullarında tatlı sorgum çeşitlerinin

tane verimlerinin 220-570 kg.da⁻¹ arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır.

Su-Üretim Fonksiyonları

Araştırmada, (1-ETa/ETm) ile (1-Ya/Ym) arasında doğrusal regresyon analizi yapılarak, yetiştirme mevsimi için geliştirilen verim tepki etmeni (ky) 1.17, olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi

Şimsek ve Gerçek (2005), mısır bitkisinde yapmış oldukları çalışmada, verim tepki etmeni (ky) değerlerini, 0.72, 0.95, 0.91 olarak hesaplamış ve 2. yılda yapılan aynı çalışmada ise anılan değerleri 0.70, 0.97, 0.97 olarak bulmuşlardır. Çalışmada sulama düzeylerinin ky değerleri üzerine önemli etkisinin olduğunu saptamışlardır.

Gençoğlan ve Yazar (1999), mısır bitkisi üzerine yapmış oldukları çalışmada ise, tane verimi ile sulama suyu ve su tüketim miktarları arasında %1 önem düzeyinde ikinci dereceden doğrusal ilişkiler bulmuşlardır. Çalışmada verim tepki etmeni (ky), ilk yıl 1.08, ikinci yıl ise 1.61 olarak saptanmıştır.

Su Kullanım Randımanları

Deneme konuları için belirlenen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) sonuçları, Çizelge 5'de verilmiştir. Çalışmada elde edilen

dekar başına en yüksek biyomas verim değerleri, uygulanan toplam sulama suyuna bölünerek sulama suyu kullanım randımanı (IWUE); mevsimlik su tüketimine bölünerek ise toplam su kullanım randımanı (WUE) hesaplanmıştır.

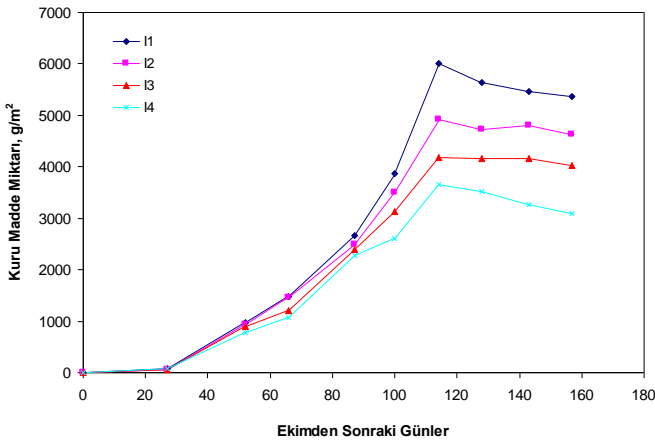
Çizelge 5. Sorgum Bitkisinin Sulama Suyu ve Su Kullanım Randımanları

Konular	IWUE, (kg.m ⁻³)	WUE, (kg.m ⁻³)
I1	12.53	10.20
I2	12.43	9.50
I3	13.58	9.40
I4	16.07	9.60

Şimşek ve Gerçek (2005), yapmış oldukları çalışmada toplam su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerlerinin, konulara ve yıllara göre önemli bir değişim göstermediğini belirtmişlerdir. Lyle ve Bordovsky (1995), çalışmalarında IWUE değerini, 1.9 kg m⁻³; Musick ve Dusek (1980) 1.25-1.46 kg m⁻³ arasında; Köksal (1995) ise WUE değerinin Çukurova koşullarında 1.38-1.80 ve 0.87-3.19 kg.m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gençoğlu (1996), Çukurova koşullarında yürütmüş olduğu çalışmasında, IWUE değerini 1.02-2.43 kg m⁻³ ve WUE değerini ise 0.22-125 kg m⁻³ arasında, Çetin (1994) ise IWUE değerini Harran ovası koşullarında yürüttüğü mısır denemesinde 0.570-0.795 kg.m⁻³ arasında saptamıştır.

Kuru Madde Miktarı (Biyomas)

Deneme konularından elde edilen toprak üstü kuru madde verimlerinin bitki gelişme dönemi boyunca değişimleri Şekil 6'de verilmiştir.



Şekil 6. Sorgum bitkisinin kuru madde miktarının gelişme dönemi boyunca değişimi

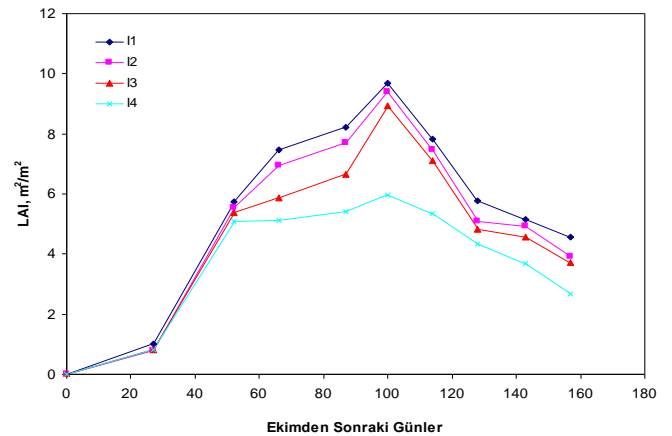
Anılan şekilden görüleceği gibi, bitki gelişim sürecinde en yüksek kuru madde miktarı I1 tam sulama konusundan elde edilmiştir. I1 konusunu sırası ile I2, I3, I4 sulama konuları takip etmiştir.

Salman ve Budak (2015), sorgum üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, 2 konumun ortalama sonuçlarını ele almışlardır. Bayındır konumuna ait kuru madde verimini (4146.9 kg da⁻¹) olarak, Ödemiş lokasyonuna (3825.3 kg da⁻¹) göre daha yüksek bulmuşlardır. Çeşitlerin lokasyon ortalama verileri incelendiğinde ise, en yüksek kuru madde veriminin 5210.3 kg da⁻¹ ile Greengo çeşidinden elde edildiğini ve onu 4088.4 kg da⁻¹ kuru madde verimiyle Gardavan çeşidinin izlediğini saptamışlardır. Nutri Honey çeşidi 2988.9 kg da⁻¹ ile en düşük kuru madde verim değerini ortaya koyarken, Aneto çeşidi 3656.7 kg da⁻¹ kuru madde verimi değerini ortaya koymuştur.

Özköse ve ark. (2005) yapmış oldukları çalışmada, çeşit x sıra arası etkileşimleri analiz etmişlerdir. Çeşit ortalamarı arasında en yüksek kuru madde verimini (3033.3 kg da⁻¹) ile Jumbo çeşidinden elde edilmiş, bunu sırası ile Bovital (2677.5 kg da⁻¹), Rona (2507.9 kg da⁻¹) ve Bianca (1807.7 kg da⁻¹) çeşitleri takip etmiştir. Sıra arası mesafelerde ise en yüksek kuru madde verimi (2729.6 kg da⁻¹) ile 30 cm sıra arası mesafeden elde edilmiş ve bunu sırası ile 20 cm (2602.8 kg da⁻¹), 25 cm (2599.4 kg da⁻¹), 35 cm (2531 kg da⁻¹), 40 cm (2393.1 kg da⁻¹) ve 45 cm (2183.7 kg da⁻¹)'lik sıra arası mesafelere yapılan ekim ortalamarı izlemiştir. Çeşit x sıra arası etkileşiminin ise kuru madde verimi (3422.3 kg da⁻¹) (Jumbo x 30 cm) ile 2183.7 kg da⁻¹ (Bianca x 45 cm) arasında değiştiğini saptamışlardır.

Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamansal değişimleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Deneme konularına ilişkin yaprak alan indekslerinin zamana göre değişimi

Anılan şekilden görüleceği gibi, bitki gelişim sürecinde en yüksek yaprak alan indeks değerleri I1 sulama konusundan elde edilmiştir. Sonra bu konuyu sırası ile I2, I3, I4 sulama konuları takip etmiştir. Kaplan ve Kara (2014), yapmış oldukları çalışmada, denemenin ilk yılında en düşük yaprak alan indeksi değerini Nes çeşidinden elde etmişlerdir. En yüksek LAI değerinin ise GÖZDE 80 çeşidinden elde edildiğini belirtmişlerdir. Çiçeklenme dönemi yaprak alan indeksi değerleri, ilk yılda 4.05-5.54 arasında, ikinci yılda 3.33-4.75 arasında, yıllar ortalamasında ise 3.96-5.12 arasında değiştiği saptanmıştır. Ramazanzadeh ve Asgharipour (2011), yapmış oldukları çalışmada en yüksek LAI değerlerinin çiçeklenme döneminde elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kuru Madde Verimi, Özsü Verimi, Brix Değeri, Şeker ve Etanol Verim Ortalamaları

Çalışmada konulara göre elde edilen kuru madde verimi, özsü miktarı, brix ölçümü, şeker ve etanol verim sonuçları, Çizelge 6'da verilmiştir. Anılan çizelgeden, farklı sulama düzeylerinin brix değeri hariç diğer incelenen özelliklerden kuru madde, özsü, şeker ve biyoetanol verimleri üzerine istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir.

Araştırmada, kuru madde veriminin 6006.70 ile 3661.80 kg da⁻¹ arasında, özsü veriminin 3997 ile 2310 kg da⁻¹ arasında, şeker veriminin 612 ile 354 kg da⁻¹ arasında ve biyoetanol veriminin ise 326 ile 189 L da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Brix değerleri ise %15.3 ile 15.8 arasında değişim göstermiştir. İncelenen ve istatistiki olarak önemli çıkan özelliklerin ortalamaları, su düzeylerinin azalmasına paralel olarak düşmüştür.

Çizelge 6. Kuru Madde Verimi, Özsü Verimi, Brix Ölçümü, Şeker ve Etanol Verimi

SD	Kuru Madde Verimi (kg da ⁻¹)	Özsü Verimi (L da ⁻¹)	Brix (%)	Şeker Verimi (kg da ⁻¹)	Ethanol Verimi (L da ⁻¹)
I1	6007.40 a	3997 a	15.3	612 a	326 a
I2	4916.50 ab	3080 b	15.8	487 b	259 b
I3	4180.70 b	2346 c	15.7	367 c	195 c
I4	3661.80 b	2310 c	15.3	354 c	189 c
Ort.	4691,60	2933	15.5	455	242
CV (%)	11.83	8.12	4.58	7.39	7.39
F	**	**	ÖD	**	**

Yücel ve ark. (2018), Çukurova ikinci ürün koşullarında yürütmüş oldukları çalışmada, iki yıllık birleştirilmiş ortalamalara göre kuru madde veriminin genotiplere bağlı olarak 1453 ile 7925 kg da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır.

Tatlı sorgumda özsü veriminin Söke/Aydın koşullarında, 675.7- 750.7 L da⁻¹ arasında değiştiği (Kocaöner, 2014); Rahuri-Hindistan koşullarında 269-1137 L da⁻¹ arasında değiştiğini (Chavan ve ark., 2009); Çukurova ikinci ürün koşullarında 2202.0 ile 6737.0 L da⁻¹ arasında değiştiği (Yücel ve ark., 2018) saptanmıştır. İki yılı birleştirilmiş ortalamalara göre brix değerinin genotiplere bağlı olarak %10.75 ile %20.75 arasında değiştiği saptanmıştır (Yücel ve ark., 2018). Subramanian (2013), ortalama brix değerininin % 6.2-20.7 arasında değiştiğini, şeker verimi ile özsü arasında önemli ve olumlu bir ilişkinin bulunduğunu belirtmiştir. Şeker veriminin 106.7-118.6 kg da⁻¹ arasında (Kocaöner, 2014); Pekin-Çin koşullarında 130-740 kg da⁻¹ arasında (Zhao ve ark., 2009); Antalya koşullarında 61.2-638.1 kg da⁻¹ arasında (Erdurmuş ve ark., 2018) değiştiği saptanmıştır. Murray ve ark. (2009), yapmış oldukları çalışmada 1320 kg.da⁻¹ toplam şeker

elde edildiğini ve bunun 768.2 L da⁻¹ etanola eşdeğer olduğunu bildirmişlerdir. Etanol veriminin 56.78 ile 63.5 L da⁻¹ arasında değiştiği (Kocaöner, 2014); Louisiana-ABD ekolojik şartlarında 302 ile 406 L da⁻¹ arasında değiştiği (Ricaud ve Arceneaux, 1990); Teorik etanol veriminin 102.8 L da⁻¹ ile 741.4 L da⁻¹ arasında değiştiği (Yücel ve ark., 2018); Pekin koşullarında 486.7 ile 1303.2 L da⁻¹ arasında değiştiği (Zhao ve ark., 2009); Arizona koşullarında 81.16 ile 345.85 L da⁻¹ arasında değiştiği (Teetor ve ark., 2011) saptanmıştır.

Önceki çalışmalarda incelenen özelliklerden elde edilen ortalamaların, bulgularımızla benzer veya farklı olduğu görülmektedir. Çalışmaların yürütüldüğü ekolojik koşulların, yetiştirme tekniğinin ve araştırmada yer alan genotiplerin farklı olması nedeniyle elde edilen sonuçların farklı olması beklenen bir durumdur. Kaldığı, bulgularımızda elde edilen en düşük su seviyesi uygulamalarının bile önceki çalışmalarda elde edilen bulgulara eşdeğer veya yüksek olduğu da görülmektedir. Araştırmadan elde edilen verilere göre, Adana koşullarında sorgum bitkisinin yetiştirme dönemleri içerisinde konulara uygulanan sulama suyu miktarları I1

konusu için 479.6 mm, I2 konusu için 395.6 mm, I3 konusu için 307.7 mm ve I4 konusu için 227.8 mm olarak ölçülmüştür. Mevsimlik gerçek bitki su tüketim değerleri ise, I1 konusu için 588.5 mm, I2 konusu için 518.6 mm, I3 konusu için 442.9 mm ve I4 konusu için 380.4 mm arasında değişmiştir. Konulara göre sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) 16.07 kg m⁻³ ile 12.43 kg m⁻³ arasında saptanmıştır. Su kullanım randımanları (WUE) ise 10.2 kg m⁻³ ile 9.4 kg m⁻³ arasında gerçekleşmiştir. Deneme konularından elde edilen verim tepki etmeni (ky) değeri 1.17 olarak belirlenmiştir. Çalışmada farklı sulama koşulları altında brix (%) değerlerinde farklılık gözlenmemiştir. Şeker verimleri 612 kg.da⁻¹ ile 354 kg.da⁻¹ arasında değişmiş olup, tam sulama (I1) konusunda en yüksek şeker değeri elde edilmiştir. Çalışmada konulara göre elde edilen kuru madde verimi 6007.4 kg da⁻¹ ile 3661.8 kg da⁻¹ arasında değişmiş olup, tam sulanan konuda en yüksek kuru madde miktarı elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen biyokütle verimi, 8733 kg da⁻¹ ile 13300 kg da⁻¹ arasında, biyoetanol verimi ise 189 L da⁻¹ ile 326 L da⁻¹ arasında değişmiştir.

ÖZET

Amaç: Son yıllarda meydana gelen iklim değişiklikleri nedeniyle suyu etkin kullanan tarımsal ürünler önemli konuma gelmiş durumdadır. Tatlı sorgumun kurağa ve yüksek sıcaklığa diğer ürünlere göre daha toleranslı olması nedeniyle, bitkinin farklı su düzeylerinin bilinmesi önemli olmaktadır. Çalışma, Çukurova koşullarında ikinci ürün tatlı sorgumda farklı su düzeylerinin biyokütle ve bioetanol verimlerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Yöntem ve Bulgular: Araştırma, 2017 yılında, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Araştırma Alanında, tesadüf blokları deneme deseninde, 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Denemede, bitki gelişim dönemleri boyunca farklı sulama suyu düzeyleri (I1, I2, I3, I4) uygulanmıştır. Araştırmada, deneme konularına 479.6 mm ile 227.8 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır.

Genel Yorum: Çalışmada farklı su düzeylerinin kuru madde verimi ve biyoetanol verimleri üzerine istatistikî olarak önemli etkide bulunduğu, kuru madde veriminin 6007.4 kg da⁻¹ ile 3661.8 kg da⁻¹ arasında, biyoetanol veriminin ise 189 L da⁻¹ ile 326 L da⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) 16.07 kg m⁻³ ile 12.43 kg m⁻³ arasında saptanmıştır. Su kullanım randımanları (WUE) ise 10.2 kg m⁻³ ile 9.4 kg m⁻³ arasında gerçekleşmiştir. Deneme konularından elde edilen verim tepki etmeni (ky) değeri 1.17 olarak

belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Farklı sulama suyu düzeylerinin uygulandığı araştırmada en yüksek verim tam sulanan (I1) konusundan, en düşük verim ise en az sulama suyu uygulanan (I4) konusundan elde edilmiştir. Sulama suyu düzeylerine göre verimlerde paralel olarak düşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sorgum, kısıntılı sulama, verim, su kullanım randımanı, biyoetanol, biyokütle

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada emeği geçen tüm çalışanlara ve Bölüm Araştırma Projesi, Proje No: FBA-2017-9119 kapsamında destek veren Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Al-Kaisi MM, Broner I (2010) Crop Water Use and Growth Stages. Fact Sheet No. 4,175. Colorado State University, United State.
- Almodares A, Hatamipour MS (2011) Planting Sweet Sorghum Under Hot and Dry Climatic Condition for Bioethanol Production. World Renewable Energy Congress-Sweden.
- Baştuğ R (1987) Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonunun Belirlenmesi Üzerinde Bir Çalışma (Doktora). Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Kültürteknik Anabilim Dalı, Adana. 121s.
- Chavan UD, Patil J, Shinde MS (2009) An assessment of sweet sorghum cultivars for ethanol production. Sugar Tech. 11: 319-323.
- Çetin Ö (1994) Harran Ovası koşullarında ikinci ürün mısır su gereksinimi. K.H.Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No:90/63, Şanlıurfa
- Dhonde PW, Patil BB, Pawar AD (1986) Irrigation scheduling to rabi sorghum on the basis of physiological growth stages. Sorghum News Letter, 29: 50-51.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979) Yield response to water. FAO irrigation and drainage No.33. FAO, Rome, Italy 194p.
- Emekler YH, Köksoy FN (1997) Sorgum (*Sorghum bicolor* L, Moench)' da Ekim Zamanı ve Bitki Sıklığının Verim Ögelerine Etkisi. Ankara Üni. Tarım Bil. Der., 3(3):20-28.

- Erdurmuş C, Yücel C, Cınar Ç, Yegin AB, Öten M (2018). Bioethanol and sugar yields of sweet sorghum. *Int. J. Eng. and Sci.*, 7 (11):21.26.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL (1985) *Physiology of Crop Plants*. Iowa State Univ. Press, 327 s.
- Gençoğlan C, Yazar A (1999) Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 23: 233-241.
- Gençoğlan C (1996) Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 220 s
- Howell TA Cuenca RH, Solomon KH (1990) Crop Yield Response. "Management of Farm Irrigation Systems. Edit. G.J. Hoffman et al.," ASAEMONOGRAPH, St. Joseph, Michigan, USA.
- Kanber R, Güngör H (1986) Açık Su Yüzeyi (Class A Pan) Buharlaşmasının Sulama Programlarında Oluşturulmasında Kullanılması. *Köy Hizmetleri* 433 No'lu Bitki Su Tüketimi Ana Projesi, 5 Numaralı Ek Talimat, Eskişehir, 25 s.
- Kanber R (1984) Çukurova Koşullarında Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından Yararlanarak Birinci ve İkinci Ürün Verimlerinin Sulanması. *Bölge Toprak Araş. Enst. Yay.* 114 (64), Tarsus, 93.
- Kaplan M, Kara R (2014) Silaj Sorgum'da Bazı Fizyolojik Özelliklerin Verim Üzerine Etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (3), 20-31.
- Kocaöner N (2014) Tatlı Darı (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*) ve Yemlik Karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. ve Nakai var. *citroides* (Balley) Mansf.)'un Söke/Aydın Koşullarına Adaptasyonu Üzerine Araştırmalar E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Köksal H (1995) Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi. 199 s.
- Lyle WM, Bordovsky JP (1995) LEPA corn with limited water supplies. *Transaction of the ASAE*. 38: 2455-462
- Mitchell RL (1970). *Crop Growth and Culture*. Iowa State Univ. Press., 349 p.
- Murray SC, Rooney WL, Martha T, Hamblin MT, Sharon E. Mitchell SE, Kresovich S (2009) Sweet sorghum genetic diversity and association mapping for brix and height. *Plant Genom.* 2:48-62
- Musick LT, Dusek A (1980) Irrigated corn yield response to water. *Trans. ASAE*. 23(1): 92-98,103.
- Naescu V, Nita C (1991) Influence of irrigation on forage crops under the conditions of Fundulea. *Probleme de Agrofitotehnie Teoretica Si Aplicata*. 13, 141-146.
- Özbek H, Dinç U, Kapur S (1974) Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritası. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:73, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler No:8, ADANA, 149s.
- Özköse A, Mülayim M, Acar R (2005) Konya Koşullarında Silajlık Sorgum Çeşitlerinde Farklı Ekim Sıklıklarının Bazı Verim ve Verim Özelliklerine Etkisi. *Selçuk Tar Bil Der*, 2(1):10-18.
- Ramanzadeh S, Asgharipour MR (2011) Physiological growth responses of sorghum genotypes to impairment of plant photosynthesis using potassium iodide. *Aust. J. Basic App. Sci.*, 5(11): 1884-1890.
- Ricaud R, 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, 136-139pp
- Roberts MJ, Long SP, Tieszen LL, Beadle CL (1985) Measurement of Plant Biomass and Net Primary Production. *Techniques In: Bioproductivity and Photosynthesis*. Eds. J., Coombs; D.O., Hall; S.P., Long; J.M.O., Scurlock. England, 1:1-24.
- Salman A, Budak B (2015). Farklı sorgum x sudanotu melezi (*sorghum bicolor* x *sorghum sudanense* stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 12(2) : 93-100
- Samson F, Knopf F (1994). *Prairie conservation in North America*. *Bioscience* 44:418-421.
- Şimşek M, Gerçek S (2005) Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L. *indentata*) Su Verim İlişkilerine Etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 36 (1): 77-82.
- Stegman BA, Hanks RJ, Musick JT, Watts DG (1981) Irrigation Water Management Adequate or Limited Water Irrigation Challenges at the 80's Proceeding of the ASAE Second National Irrigation Symposium, Oct. 20- 23, 1980 Univ. of Nebraska. Pub. ASAE, St Joseph, MI. 154-165.
- Subramanian SK (2013) Agronomical, physiological and biochemical approaches to characterize sweet sorghum genotypes for biofuel production. Department of Agronomy College of Agriculture. Ph.D. Thesis, Kansas State Univ Press, Kansas.187p.

- Solaimalai A, Ravisankar N, Chandrasekaran B (2001) Water management to sorghum - a review. Department of Agronomy, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India Agric. Rev., 22(2):115-120.
- Teetor VH, Duclos DV, Wittenberg ET, Young KM, Chawhuaymak J, Riley MR, Ray DT (2011) Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona, Indust. Crops Prod., 34(2):1293-1300.
- USSL (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook, No:60, 160s., USA
- Yurtsever N (1984) Deneysel İstatistik Metotları. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yay, Genel Yayın No: 56, Ankara
- Yücel C, İnal İ, Hatipoğlu R, Gündel F, H. Yücel H, Dweikat I vd. (2018) Farklı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) genotiplerinin Çukurova ve GAP bölgelerinde biyo-etanol Üretim potansiyellerinin saptanması. Tübitak, 114O945 Nolu Proje Sonuç Raporu, 293s.
- Zhang HP, Wang XY, You MZ, Liu CM (1999) Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China Plain. Irri. Sci., 19:37-45.
- Zhao YL, Dolat A, SteinbergerY, Wanga X, Osman A, Xie GH (2009) Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel, Field Crops Research, 111:55–64pp