

Mısır Bitkisinde (*Zea Mays* L.) Farklı Fenolojik Dönemlerdeki Su Stresi Uygulamalarının Tane Verimi, Sulama Suyu Kullanım Etkinliği ve Maliyet Üzerine Etkileri

Erdal GÖNÜLAL¹

Süleyman SOYLU²

¹Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Konya

²Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Konya
erdalgonulal@hotmail.com

Öz

Bu çalışma, mısır bitkisinin değişik gelişme dönemlerindeki su stresinde gösterdiği tepkileri belirlemek amacı ile 2012 ve 2013 yıllarında Konya-Karapınar ilçesinde yürütülmüştür. Tesadüf Blokları Bölünmüş Parseller Deneme Deseni'ne göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülen çalışmada 3 sulama konusu (kontrol, tam su; S₇₀, tam suyun %70'i; S₄₀, tam suyun %40'ı) ve 4 fenolojik dönem (vejetatif, tepe püskülü, tozlaşma ve süt olum dönemi) kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda her iki yılda da tane veriminde su uygulamaları ve gelişme dönemi etkileri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. 2012 yılında en yüksek verim değeri 993 kg da⁻¹ ile kontrol konusundan elde edilirken en düşük verim ise 817 kg da⁻¹ ile SO₄₀ konusundan elde edilmiştir. 2013 yılında ise en yüksek tane verimi 1214 kg da⁻¹ ile kontrol konusundan elde edilmiş, istatistiki olarak VD₇₀ konusundan benzer sonuçlar elde edilmiştir. En düşük verim ise 681 kg da⁻¹ ile TOZ₄₀ konusundan alınmıştır. En yüksek sulama suyu kullanım etkinlikleri 2012 yılında 1.43 kg da⁻¹ mm⁻¹ ile VD₄₀ konusundan ve 2013 yılında da ise 1.72 kg da⁻¹ mm⁻¹ ile VD₇₀ konusundan elde edilmiştir. Ekonomik olarak ise vejetatif dönemde yapılan su kısıntı uygulamalarında net gelir (236 TL/da) kontrol konusundaki net gelire (242 TL/da) yakın bir durumda çıkarken, özellikle tozlaşma döneminde yapılan kısıntılarda net gelirin (72 TL/da) önemli oranda düştüğü görülmüştür. Çalışma sonucunda tane amaçlı mısır yetiştiriciliğinde vejetatif dönemde uygulanan su streslerinin tepe püskülü, tozlaşma ve süt olumu döneminde uygulanan su streslerine göre verimde daha az düşüşe neden olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fenolojik dönem, mısır, su stresi, sulama suyu kullanım etkinliği, tane verimi

The Effect of The Restricted Water Applications in Different Phenological Periods on Grain Yield, Irrigation Water Use Efficiency and Economic Analysis in Maize (*Zea Mays* L.)

Abstract

This study was conducted in order to determine the responses of corn plant to water stress at different developmental stages in 2012 and 2013 years in Konya ecological conditions. In the study conducted according to the Randomized Complete Block Experimental Design three irrigation application (S₁₀₀, all of evaporation; S₇₀, 70% of evaporation and S₄₀, 40% of evaporation), and four phenological period (vegetative period, tasseling formation, pollination and milk stage) were investigated. The study was conducted in four replicates.

According to the results; in 2012 and 2013 effects of different water stress application and development period on grain yield was statistically significant. According to the results of study In 2012 year, the highest yield value was obtained from control subject with 993 kg da⁻¹ and the lowest yield was obtained from SO₄₀ with 817 kg da⁻¹. In 2013, the highest yield was obtained from control subjects with 1214 kg da⁻¹ similar results were obtained from VD₇₀. The lowest yield was obtained from TOZ₄₀ as 681 kg da⁻¹ in 2012 the highest water use efficiency was obtained in VD₄₀ (1.43 kg da⁻¹ mm⁻¹), and the highest water use efficiency was obtained in vegetative period irrigation application in 2013. The income from the water restriction in the vegetative period is similar to the S₁₀₀ water, while, especially the net income decreased significantly from the water restriction in the pollination period.

As a result of the study, in grain maize cultivation, it was determined that water stresses applied in the vegetative period caused less decrease in yield compared to the water stresses applied in tasseling, pollination and milk stage.

Keywords: Phenological peiod, maize, restricted irrigation, irrigation, water use efficiency, grain yield

Giriş

Mısır ülkemizde ve Konya ilinde son yıllarda artan ekim alanları ve üretim miktarları ile buğday ve arpadan sonra önemli bir ürün haline gelmiş olup, Türkiye’de 2017 yılında 639 084 ha alanda, Konya ilinde ise 63 797 ha alanda mısır üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2017).

Konya ili mısır tarımı yapılan alanlarda yağışın yeterli olmaması ve yer altı su kaynaklarının da azalma eğiliminde olması bütün ürünlerde olduğu gibi mısırdaki da suyun etkin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Konya Ovası su kaynakları açısından zengin olmayan bir bölgedir. Konya ili sınırlarında 1.8 milyar m³ civarında emniyetli kullanılabilir su potansiyeli olup, bununla birlikte yılda çekilen su miktarı 2.6 milyar m³ civarındadır. Böylece yıllık yaklaşık 0.8 milyar m³ su açığı oluşmakta ve bu durum havzadaki su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Bu durum bölgede yağışın azalmasıyla birlikte son yıllarda yer altı su kaynaklarında ve havzadaki göl ve göletlerin seviyelerinde azalmaya neden olmaktadır (Anonim, 2006).

Çalışmanın yürütüldüğü Karapınar ilçesinde yıllık yağış toplamı 300 mm’nin altında olup, bu yağışında önemli bir kısmı mısırın yetiştirme dönemi dışında düşmektedir. Mısır için en kritik aylar olan Temmuz ve Ağustos aylarında yağışın neredeyse yok denecek kadar az oluşu, bu bölgede mısırın sulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Bütün bu faktörler değerlendirildiğinde bölge için önemli bir konu olan sulama suyunun etkin kullanılması hayati bir konudur. Tarımsal üretimde sulama suyu kullanım etkinliğinin artırılması, günümüz iklim koşulları ve küresel ısınmaya bağlı su sıkıntılarının yaşanacağı gelecek koşullar altında, sürdürülebilir bir üretim ve adaptasyonda kritik rol oynayacaktır (Xu ve Hsiao, 2004). Suyun etkin kullanılmasının bir yolu da kısıntılı sulamadır.

Kısıntılı sulama bilhassa suyun yeterli olmadığı bölgelerde ve dönemlerde uygulanan bir yöntem olup, bitkinin su stresine en hassas olduğu periyotların bilinmesi sulama yönetimi bakımından önemli bir husustur (Yazar ve ark., 1990).

Doorenbos ve Kassam (1979) bitkinin su açığına çok duyarlı olduğu dönemlerde su ihtiyacının tamamının karşılanması, bitkinin su açığına dayanıklı olduğu periyotlarda ise su kısıntısı yapılarak daha fazla alanın sulanması yoluna gidilmesi gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

Mısır bitkisindeki çalışmalarda genellikle 4 gelişme dönemi (vegetatif dönem, tepe püskülü dönemi, tozlaşma dönemi ve süt olum dönemi) ön plana çıkmakta olup, bu dönemlerdeki stres faktörleri, tarımsal uygulamalar ve özellikle sulama uygulamalarındaki farklılıklar verim üzerinde önemli etkilere sahiptir (Mustek ve Dusek, 1980; Eck, 1984; Ul, 1990; Öğretir, 1993; Kırtok, 1998; Uçak ve ark., 2010).

Bu çalışmada önemli bir mısır üretim alanı olan Konya bölgesinde, mısır bitkisinde farklı fenolojik dönemlerde uygulanan dönemsel kısıtlı sulama uygulamalarının tane verimi, sulama suyu kullanım etkinliği ve ekonomik sonuçları belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma, Konya-Karapınar ekolojik koşullarında (37°42” N ve 33°30”E) iki yıl süreyle (2012–2013) yürütülmüş, çalışmada FAO 650 olum grubu yerli Sakarya hibrit

mısır çeşidi kullanılmıştır. Sakarya mısır çeşidi orta geçi, 245-275 cm boylanan sarı at dişi tane yapısında bir çeşit olup, 2005 yılında tescil edilmiştir (Anonim, 2018).

Bölge, soğuk ve yağışlı bir kış mevsimi ile kurak ve sıcak bir yaz mevsimi özelliğine sahiptir. Kar yağışının önemli kısmının Ocak-Şubat aylarında gerçekleştiği alan Konya havzasında en az yağış alan alanlardan birisidir.

Uzun yıllar iklim verilerine göre mısır yetiştirme döneminde (Nisan-Kasım) yağış miktarı 168.6 mm olarak gerçekleşmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü 2012 ve 2013 yıllarında ise sırasıyla 158.6–116.8 mm olduğu görülmüştür. Araştırma yerinin uzun yıllara ve deneme yıllarına ait iklim değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanına ait iklim verileri

Aylar	Yıl	Ortalama sıcaklık (°C)	Maksimum sıcaklık (°C)	Minimum sıcaklık (°C)	Ortalama nem (%)	Ortalama rüzgar hızı (m/s)	Yağış (mm)
Ocak	Uzun yıllar	-0.4	19.6	-21.6	77.0	2.9	30.2
	2012	1.8	6.9	-2.1	82.0	10.4	21.2
	2013	-0.9	12.1	-21.2	84.8	8.9	33.1
Şubat	Uzun yıllar	0.6	21.4	-26.8	74.0	3.2	25.3
	2012	5.5	12.8	-1.9	71.1	5.7	43.4
	2013	-2.7	12.3	-22.8	84.4	7.2	25.0
Mart	Uzun yıllar	4.9	28.0	-22.8	66.0	3.3	25.5
	2012	7.4	14.1	0.3	63.0	2.8	9.4
	2013	-4.9	15.2	-11.8	70.2	9.7	30.6
Nisan	Uzun yıllar	10.7	31.4	-8.0	61.0	3.3	41.4
	2012	11.1	18.1	3.7	69.9	3.6	57.4
	2013	2.2	27.1	-3.3	52.8	9.0	6.6
Mayıs	Uzun yıllar	15.4	36.0	-3.1	59.0	2.6	35.9
	2012	16.7	25.1	7.2	61.1	4.5	33.4
	2013	7.0	26.3	3.4	65.4	7.3	16.8
Haziran	Uzun yıllar	19.7	37.3	2.8	52.0	2.9	27.1
	2012	20.1	28.8	9.6	49.6	6.4	24.4
	2013	10.4	34.7	4.1	52.6	7.6	18.4
Temmuz	Uzun yıllar	23.0	41.2	5.0	45.0	3.2	5.3
	2012	21.6	30.0	11.6	46.4	8.2	2.4
	2013	13.3	39.2	7.8	43.8	9.2	2.8
Ağustos	Uzun yıllar	22.2	38.8	3.9	46.0	3.1	3.0
	2012	21.7	30.4	10.8	44.7	7.0	0.6
	2013	11.8	34.3	2.1	48.2	10.1	7.8
Eylül	Uzun yıllar	17.6	36.2	-3.3	51.0	2.4	7.4
	2012	17.1	25.4	7.0	48.1	4.4	12.8
	2013	9.2	31.9	5.4	47.8	6.6	0
Ekim	Uzun yıllar	11.6	33.2	-6.4	62.0	2.3	24.1
	2012	8.5	17.7	-0.8	62.1	5.5	15.2
	2013	5.4	26.8	1.8	70.3	3.5	37.6
Kasım	Uzun yıllar	5.4	25.3	-17.7	72.0	2.6	24.4
	2012	7.0	15.6	-1.3	72.5	3.3	12.0
	2013	2.6	23.6	-6.3	82.7	4.3	26.6
Aralık	Uzun yıllar	1.4	21.4	-23.2	77.0	2.8	36.3
	2012	-3.5	2.1	-9.0	83.0	3.0	7.6
	2013	3.8	19	-10.3	84.5	5.5	38.6

Potasyumca zengin olan deneme toprağında kireç miktarı yüksek olup organik madde ve fosfor düşüktür. Toprak bünyesi genellikle üst topraklar hafif siltli-tınlı bir bünyeye sahipken 30 cm'den sonraki toprak killi bir yapıdadır. Hacim ağırlığı üst topraklarda 1.37 g/cm³ en alt katmanda ise 1.22 g/cm³ olup, infiltrasyon hızı 13.2

mm/h'dir. Organik maddece fakir bir yapıya sahip kireç oranı yüksek, pH değeri 7.8–8.2 arasında ve tuz sorunu olmayan bir alandır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Deneme alanına ait toprak özellikleri

Derinlik (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye	TK (%)	SN (%)	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kireç (%)	Organik madde (%)	P ₂ O ₅ (kg/da)	K ₂ O (kg/da)
0-30	58.1	22.8	19.1	SCL	20	9.6	1.37	7.8	0.42	33.5	1.3	14.5	33
30-60	30.1	20.3	49.6	C	24.5	12.6	1.30	8.1	0.45	28.7	1.1	5.7	26
60-90	16.0	24.4	59.6	C	28	15.4	1.22	8.2	0.44	29.4	0.6	2.6	24

Çalışma “Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Deseni”ne göre iki faktörlü (farklı su seviyesi uygulamaları ve fenolojik dönem) ve 4 tekrarlı olacak şekilde yürütülmüştür. Çalışmada su konuları (buharlaştırma kabından buharlaşan suyun %40, %70 ve %100 seviyeleri olmak üzere 3 seviye) ana parselleri, su stresi uygulanacak gelişme dönemleri (vejetatif dönem, tepe püskülü dönemi, tozlaşma ve süt olum dönemi) ise alt parsellere yerleştirilmiştir.

Sulamalar açık su yüzeyinden buharlaşma esasına göre A sınıfı buharlaşma kabı kullanılarak 5 gün aralıklarla her iki yılda da toplam 18 kez damla sulama yöntemi ile yapılmıştır. Konulara göre sulamalar aşağıda belirtildiği şekilde uygulanmıştır.

VD₄₀: Bitkilerin 8-10 yaprak olduğu dönemde 3 sulamada kontrol konusuna göre %60 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

VD₇₀: Bitkilerin 8-10 yaprak olduğu dönemde 3 sulamada kontrol konusuna göre %30 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

TP₄₀: 14-16 yaprak çıkardığı zamandan başlayarak tozlaşma dönemine kadar 3 sulamada kontrol konusuna göre %60 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

TP₇₀: 14-16 yaprak çıkardığı zamandan başlayarak tozlaşma dönemine kadar 3 sulamada kontrol konusuna göre %30 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

TOZ₄₀: Tozlaşma olduğu dönemde 3 sulamada kontrol konusuna göre %60 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

TOZ₇₀: Tozlaşma olduğu dönemde 3 sulamada kontrol konusuna göre %30 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

SO₄₀: Süt olum döneminde 3 sulamada kontrol konusuna göre %60 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

SO₇₀: Süt olum döneminde 3 sulamada kontrol konusuna göre %30 su kısıtı yapılmış, diğer dönemlerde buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

Kontrol: Açık su yüzeyinden buharlaşma esasına göre bütün dönemlerde 5 gün aralıklarla A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

Çizelge 3. Farklı fenolojik dönemlerdeki su kısıntısı uygulamalarında konulara verilen sulama suyu miktarları (mm)

Konu/Yıl	VD ₄₀	VD ₇₀	TP ₄₀	TP ₇₀	TOZ ₄₀	TOZ ₇₀	SO ₄₀	SO ₇₀	Kontrol
2012	673	725	671	724	687	732	708	743	777
2013	600	653	606	656	617	662	630	669	707

VD: Vejetatif dönem, TP: Tepe püskülü dönemi, TOZ: Tozlaşma dönemi, SO: Süt olum dönemi

Ekimler birinci yıl 9 Mayıs 2012, ikinci yıl ise 5 Mayıs 2013 tarihinde açılan çizilere el ile yapılmıştır. Parseller 4 sıra ve 5 metre olacak şekilde tertip edilmiştir (2.8 m x 5 m = 14 m²) Ekimden sonra tüm deneme parsellerinde toprak nemini tarla kapasitesine ulaştırmak için yağmurlama sulama yöntemi ile sulama yapılmıştır. Çıkışı müteakip 20 cm'de bir bitki olacak şekilde tekeme işlemi uygulanmıştır. Bitkilere birinci ve ikinci çapadan sonra damla sulama sistemi tesis edilmiştir. Sistemde su kaynağından gelen su 75'lik dağıtıcı borulardan çıkış yapılan basınç ayarlı damla sulama boruları ile yapılmıştır. Her parselde 30 cm damlatıcı aralığına sahip, 2.0 l/h debili, 16 mm'lik basınç ayarlı 4 sıra lateral döşenmiş ve parsellere verilen suyu ölçmek için su sayacı kullanılmıştır. Ekim işlemi sırasında tüm parsellere dekara 10 kg saf fosfor ve 4 kg saf azot uygulanmış olup, gelişme dönemi süresince damla sulama ile saf azot miktarı 25 kg olacak şekilde gübreleme yapılmıştır.

Sulama suyu hesabında açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanılarak aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır (Kanber ve ark., 1990).

$$I = A \times E_p \times K_{pc}$$

Eşitlikte;

- I: Parsele uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)
- A: Parsel alanı (m²)
- E_p: Sulama aralığındaki birikimli buharlaşma miktarı (mm)
- K_{pc}: Seçilen kap katsayısını ifade etmektedir.

Çalışmada, sulama suyundan faydalanma oranı olarak ifade edilen su kullanım randımanı Tanner ve Sinclair (1983) tarafından verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$IWU = E_y / I$$

Eşitlikte ;

- IWUE: Sulama suyu kullanım randımanını (kg da⁻¹/mm⁻¹)
- E_y: Kuru biyokütle verimini (kg da⁻¹)
- I: Sulama suyu miktarını (mm) ifade etmektedir.

Hasat işlemi, fizyolojik olumu takiben ilk yıl 1 Aralık 2012 tarihinde, ikinci yıl 1 Kasım 2013 tarihinde kenarlardan birer sıra ve parsel uçlarından bir metre atılarak ortadaki 2 sıradan elle yapılmıştır. Çalışmada, ekonomik değerlendirme iki yılın ortalamasına göre yapılmıştır. Üretim girdileri, verim değerlerinde olduğu gibi yine iki deneme yılına ait ortalama fiyatlara göre hesaplanmıştır. Ortak giderler içerisinde toprak hazırlığı, tohum, ekim, yabancı ot mücadelesi, gübreleme, hasat ve harman, ilaç vb. giderler dahil edilmiştir. Değerlendirmeler çalışma yılındaki gelir ve gider değerleri baz alınarak 1 dekar alan üzerinden yapılmıştır (Erkuş ve ark., 1995; İnan, 2001).

Çalışmada elde edilen verilerin varyans analizi ve gruplandırmalar JMP paket programı kullanılarak yapılmıştır. Gruplandırmalarda LSD testi yöntemi kullanılmıştır (Kalaycı, 2005).

Bulgular ve Tartışma

Tane Verimi ($kg\ da^{-1}$)

Çalışmada, elde edilen tane verimlerine ait ortalama değerler Çizelge 4'te verilmiştir. Çalışmada, farklı su uygulamalarının etkisi istatistiki olarak her iki yılda da önemli bulunmuştur. Sulama uygulamaları ortalamalarına bakıldığında, ilk yıl en yüksek tane verimi değerini $982\ kg\ da^{-1}$ ile kontrol konusu (S_{100}) verirken, en düşük tane veriminin ise $881\ kg\ da^{-1}$ ile S_{40} konusundan alındığı görülmektedir. İkinci yılda ise en yüksek verim $1169\ kg\ da^{-1}$ ile S_{100} konusundan, en düşük verim ise $846\ kg\ da^{-1}$ ile S_{40} konusundan elde edilmiştir. Yapılan LSD testinde her iki yılda da S_{100} konusu ilk grubu (a) oluştururken, S_{70} konusu ikinci grupta (b), S_{40} konusu ise son grupta (c) yer almıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı fenolojik dönemdeki su kısıtı uygulaması sonucu elde edilen tane verimleri ($kg\ da^{-1}$)

Su konusu** Dönemler*	2012				2013			
	S_{100} (kontrol)	S_{70}	S_{40}	Dönem ort.	S_{100}	S_{70}	S_{40}	Dönem ort.
VD	967 a	962 a	961 ab	963 a	1214 a	1123 a	969 b	1102 a
TP	985 a	917 c	921 b	941 a	1189 a	974 b	825 cd	996 b
TOZ	984 a	887 c	824 d	898 b	1149 a	805 d	681 e	878 c
SO	993 a	973 a	817 d	927 ab	1126 a	982 b	907 bc	1005 b
Sulama ort.	982 a	935 b	881 c		1169 a	971 b	846 c	

LSD Dönem (%1) 2012: 41 CV(%) 2012: 3.95

LSD İnt. (%1) 2012: 50

LSD Su (%1) 2012: 38

LSD (%1) 2013:58 CV(%) 2013: 6.8

LSD İnt. (%1) 2013: 100

LSD Su (%1) 2013: 100

*VD: Vejetatif dönem, TP: Tepe püskülü dönemi, TOZ: Tozlaşma dönemi, SO: Süt olum dönemi

** S_{100} : Açık su yüzeyinden buharlaşma esasına göre buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

S_{70} : Kontrol konusunun %70'i, S_{40} : Kontrol konusunun %40'ı

Çalışmada, su stresi uygulanan dönemlerde tane verimi açısından farklılıklar her iki deneme yılında da önemli bulunmuştur. Dönem ortalaması incelendiğinde en yüksek tane veriminin $963\ kg\ da^{-1}$ ile 2012 yılındaki vejetatif dönemdeki uygulamalardan elde edildiği görülürken, en düşük verimin ise tozlaşma döneminden ($898\ kg\ da^{-1}$) alındığı görülmektedir. 2013 yılında ise en yüksek verim $1102\ kg\ da^{-1}$ ile vejetatif dönemden, en düşük tane verimi ise $878\ kg\ da^{-1}$ ile tozlaşma döneminden elde edilmiştir.

Çalışmada, su x dönem interaksiyonunun her iki deneme yılında da önemli olduğu görülmüştür. Denemede birinci yıl en yüksek tane verimi $993\ kg\ da^{-1}$ ile süt olum dönemindeki kontrol konusundan elde edilirken, istatistiki olarak VD_{70} , VD_{40} , SO_{70} konuları aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4). En düşük verim ise $817\ kg\ da^{-1}$ ile SO_{40} konusundan alınmıştır. İkinci yıl ise en yüksek verim $1214\ kg\ da^{-1}$ ile vejetatif dönemdeki kısıntı yapılmayan kontrol konusundan alınırken, en düşük tane verimi ise $681\ kg\ da^{-1}$ ile TOZ_{40} konusundan elde edilmiş (Çizelge 4) ve kontrol konusu uygulamaları ile VD_{70} uygulaması yakın verim değerlerine sahip olmuştur. Çalışmanın yürütüldüğü bölgede tozlaşma ve tepe püskülü dönemi Temmuz ayında gerçekleşmiş olup, Temmuz ayı stres faktörlerinin en yoğun yaşandığı ve mısır bitkisinin en kritik dönemi Temmuz ayı olduğu için bu zamanda yapılan su stresi veriminde düşüşe neden olmuştur.

Bulgularımızı destekleyecek nitelikte yapılan çalışmalarda, Barrett ve Skorgerboe (1978) vejetatif dönemde oluşacak su stresine mısır bitkisinin uyum sağlayabileceğini,

fakat özellikle tozlaşma dönemindeki strese verimin olumsuz etkilendiği bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Özcan (2010) ve Uçak ve ark. (2010) mısırın suya en hassas döneminin tozlaşma dönemi olduğunu, Music ve Dusek (1980), Eck (1984), U1 (1990), Öğretir (1993), Yıldırım ve ark. (1995), topraktaki su eksikliğine karşı en hassas devrenin çiçeklenme ve dölleme dönemi olduğunu ve dönemde yapılacak kısıntıların verimi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Uçak ve ark. (2010) Adana şartlarında yürüttüğü çalışmada, tepe püskülü döneminde su kısıtı uygulanmaması gerektiğini ve tozlaşma devresinde oluşacak su stresinde tane veriminin %9 oranında azaldığını bildirmiştir.

Vasilas ve Taylor (1998), mısırdaki su tüketiminin ve ihtiyacının en çok olduğu dönemin tozlaşma dönemi olduğunu ve bu dönemin su açısından hassas bir dönem olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışma sonuçlarına göre tane amaçlı mısır tarımında gelişmenin ilk dönemlerinde uygulanacak belli nispetteki su kısıntısının verimde daha az bir kayba yol açtığı, bununla birlikte generatif dönemlerde ise su kısıntısında verimin çok daha olumsuz etkilendiği görülmüştür.

Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (kg da⁻¹ mm⁻¹)

Sulama suyu kullanım etkinliği suyun kısıtlı olduğu bölgeler için önemli bir parametre olup, bu alanlarda suyu etkin kullanan ve birim suyla daha fazla kuru madde üretebilen yöntemlerin uygulanması sürdürülebilir bir tarım için hayati bir konudur.

Su kullanım etkinlikleri incelendiğinde sulama, fenolojik dönem ve interaksiyon açısından istatistiki olarak her iki yılda da önemli bulunmuştur. En yüksek sulama suyu kullanım etkinliği değerine 2012 yılında 1.43 kg da⁻¹ mm⁻¹ ile VD₄₀ konusundan, 2013 yılında da yine vejetatif dönemde yapılan kısıntılı konulardan (VD₇₀: 1.72 kg da⁻¹ mm⁻¹ ve VD₄₀: 1.62 kg da⁻¹ mm⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı fenolojik dönemdeki su kısıtı uygulaması sonucu elde edilen sulama suyu kullanım etkinliği (kg da⁻¹ mm⁻¹) değerleri

Su konusu** Dönemler*	2012				2013			
	Kontrol (S ₁₀₀)	S ₇₀	S ₄₀	Dönem ort.	Kontrol (S ₁₀₀)	S ₇₀	S ₄₀	Dönem ort.
VD	1.26 d	1.33 bc	1.43 a	1.34 a	1.63 a	1.72 a	1.62 ab	1.65 a
TP	1.24 d	1.27 d	1.37 b	1.29 b	1.67 a	1.48 bc	1.36 c	1.51 b
TOZ	1.27 d	1.21 e	1.20 ef	1.22 c	1.69 a	1.21 d	1.10 d	1.33 c
SO	1.25 d	1.31 cd	1.15 f	1.23 c	1.66 a	1.47 c	1.44 c	1.52 b
Sulama ort.	1.25	1.28	1.28		1.66 a	1.47 b	1.38 b	

LSD Dönem (%1) 2012: 0.05 CV(%) 2012:5.2
LSD İnt.(%1) 2012: 0.06

LSD(%1) dönem 2013:0.17 CV(%) 2013:6,4
LSD İnt.(%1) 2013: 0.11
LSD Su(%1) 2013: 0.12

*VD: Vejetatif dönem, TP: Tepe püskülü dönemi, TOZ: Tozlaşma dönemi, SO: Süt olum dönemi

**S₁₀₀ (Kontrol): Açık su yüzeyinden buharlaşma esasına göre buharlaşan suyun tamamı uygulanmıştır.

S₇₀: Kontrol konusunun %70'i, S₄₀: Kontrol konusunun %40'ı

Gençoğlan ve Yazar (1996) Çukurova koşullarında yürüttüğü çalışmada IWUE değerini 1.0–2.43 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında bulmuş ve tam sulama konusuna göre kısıntı yapılan konularda sulama suyu kullanım etkinliğinin daha fazla olduğunu bildirmiştir. Yine Kırnak ve ark. (2003) Harran ovasında yürüttükleri biri tam su konusu olmak üzere 5 su seviyesinde yürüttükleri çalışmada, tam su konusunda sulama suyu kullanım etkinliğinin en düşük olduğunu, azalan suyla birlikte su kullanım etkinliğinin arttığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda da bu çalışmalara benzer sonuçlar elde edilmekle birlikte,

özellikle ikinci yılda kontrol konularında da etkinliğin yüksek olduğu görülmüştür. Diğer araştırmacılar (Özgürel 2003; Trejo ve ark., 2006; Öktem 2006) tarafından yapılan çalışmalarda özellikle kısıntının tüm dönemlere yayılması ve kısıntı miktarlarının fazla olması nedeniyle kontrol konularında randımanın düşük olduğu gözükmemektedir. Bu çalışmada ise su kısıntısı dönemsel olarak uygulandığından, kısıntı yapılan su miktarı fazla olmadığından ve karasal iklim etkileri dolayısıyla vejetatif dönem haricinde diğer dönemlerde yapılan kısıntıların verimi çok sert şekilde etkilediği ve su kullanım randımasının vejetatif dönem haricinde kısıntı uygulanan konularda düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 5).

Sulama suyu kullanım etkinliği ile ilgili çalışma yürüten Özgürel (2003) mısırdaki sulama suyu kullanım etkinliğini $1.78-2.55 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, Trejo ve ark. (2006) Meksika koşullarında $2.9 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, Kuşçu ve ark. (2010) $0.75-1.62 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; Öktem (2006) $1.07-1.43 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; Öktem (2008) $1.18-1.62 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ arasında bulmuşlardır.

Ekonomik Analiz

Çalışmada, ekonomik değerlendirme iki yılın ortalamasına göre yapılmıştır. Üretim girdileri ise verim değerlerinde olduğu gibi yine iki deneme yılına ait ortalama fiyatlara göre hesaplanmıştır. Ortak giderler içerisinde toprak hazırlığı, tohum, ekim, yabancı ot mücadelesi, gübreleme, hasat ve harman, ilaç vb. giderler dahil edilmiştir. Değerlendirmeler çalışma yılındaki gelir ve gider değerleri baz alınarak 1 dekar alan üzerinden yapılmıştır (Erkuş ve ark., 1995; İnan, 2001).

Çalışma sonucuna göre en yüksek net gelir 242 TL/da ile tam su konusundan elde edilmiştir. Bu uygulamayı 236 TL/da ile VD₇₀ konusu takip etmiştir. En düşük net geliri ise 72 TL/da ile TOZ₄₀ konusu vermiştir (Çizelge 6). Çizelgenin incelemesinden anlaşılacağı üzere vejetatif dönemde yapılan su kısıntı uygulamalarında net gelir, tam su konusundaki net gelire yakın bir durumda çıkarken özellikle tozlaşma döneminde yapılan kısıntılarda net gelirin önemli oranda düştüğü görülmüştür.

Çizelge 6. Farklı fenolojik dönemdeki su kısıntı uygulamalarının ekonomik analiz sonuçları (TL/da)

Konu	Sulama suyu (mm)	Sulama işçiliği (TL/da)	Toplam su gideri (TL/da)	Diğer üretim Giderleri (TL/da)	Yıllık sistem maliyeti (TL/da)	Toplam üretim gideri (TL/da)	Verim (kg/da)	Ürün fiyatı (TL/kg)	GSÜD (TL/da)	Net gelir (TL/da)
Kontrol	742	7.4	186	160	50	403	1076	0.6	645	242
VD70	689	6.9	172	160	50	389	1043	0.6	626	236
VD40	637	6.3	159	160	50	375	965	0.6	579	203
TP70	690	6.9	173	160	50	389	945	0.6	567	178
TP40	639	6.4	160	160	50	376	873	0.6	524	148
TOZ70	697	7.0	174	160	50	391	846	0.6	507	116
TOZ40	652	6.5	163	160	50	379	752	0.6	451	72
SO70	706	7.0	177	160	50	394	977	0.6	586	193
S 40	669	6.6	167	160	50	384	862	0.6	517	133

*VD: Vejetatif dönem, TP: Tepe püskülü dönemi, TOZ: Tozlaşma dönemi, SO: Süt olum dönemi

Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre; her iki yıl içinde sulama konularının verim üzerine etkileri istatistiki olarak önemli olmuştur. Her iki yılda da en yüksek tane verimi bütün dönem boyunca su kısıntı yapılmayan kontrol konularından 2012 ve 2013'de sırasıyla 982 kg da^{-1} ve 1169 kg da^{-1} elde edilmiş; en düşük tane verimi ise 2012 ve 2013 yıllarında sırasıyla 881 kg da^{-1} ve 846 kg da^{-1} ile tozlaşma dönemindeki S₄₀ konusundan elde edilmiştir. Azalan su miktarı ile birlikte tane veriminde düşüşler görülmüştür.

Fenolojik dönem x su interaksiyonlarına bakıldığında tane veriminde interaksiyonlar arasındaki farklar her iki yıl içinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çalışmanın birinci yılında en yüksek tane verimi 993 kg da⁻¹ ile kontrol konusundan elde edilmiş ve VD₇₀, VD₄₀ ve SO₇₀ konuları kontrol konusuna yakın değerler vermiştir. SO₄₀ konusundan 817 kg da⁻¹ ile en düşük tane verimi değeri elde edilmiştir. 2013 yılında da interaksiyonlarda benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Sulama suyu kullanım etkinliklerine bakıldığında vejetatif dönemde yapılan kısıtlamalarda tane verimindeki azalma oranının uygulanan su miktarlarındaki düşüş oranından daha düşük olduğu ve bu uygulamalarda suyun daha etkin kullanıldığı görülmüştür. Maliyet olarak bakıldığında ise en yüksek net gelir 242 TL/da ile kontrol konusundan elde edilmiştir. Bu uygulamayı 236 TL/da ile VD₇₀ su konusu takip etmiştir. En düşük net geliri ise 72 TL/da ile TOZ₄₀ konusu vermiştir.

Sonuç olarak çalışmada, tane amaçlı mısır tarımında gelişmenin ilk dönemlerinde uygulanacak belli nispetteki su kısıntısının verimde daha az bir kayba yol açtığı, bununla birlikte generatif dönemlerde ise su kısıntısında verimin çok daha olumsuz etkilendiği görülmüştür.

Maliyet açısından vejetatif dönemde yapılan su kısıntı uygulamalarında net gelir kontrol konusundaki net gelire yakın bir durumda çıkarken, özellikle tozlaşma döneminde yapılan kısıntılarda net gelirin önemli oranda düştüğü görülmüştür. Mısır bitkisinde yapılacak su kısıntısı uygulamalarında fenolojik dönemlerin dikkate alınması, tozlaşma döneminde herhangi bir su kısıntı uygulanmaması gerektiği, bir kısıntı yapılacaksa bunun vejetatif dönemde uygulanmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma TAGEM (TAGEM/TBAD/12/A12/PO3/02-002) tarafından desteklenmiş, 1. yıl sonuçları Yüksek Lisans Tezi olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde maddi destek sağlayan Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim, (2006). Türkiye ve Konya kapalı havzasındaki su sorunları ve çözüm önerileri. Konya Jeoloji Mühendisleri Odası Raporu, Konya.
- Anonim, (2018). Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü Verileri.
- Barret, J. W. H., Skorgerboe, G. V. (1978). Effect of irrigation regime on maize yield. Journal of The Irrigation and Drainage Division. ASCE, Vol.104. No.1R2, 179-193.
- Doorenbos, J., Kassam, A. H. (1979). Yield response to water, FAO. Irrigation and Drainage Paper No:33, Rome.
- Eck, H. V. (1984). Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agronomy Journal, 76 (3): 421-428.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kıral, T., Açıl, A. F., Demirci, R. (1995). Tarım Ekonomisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları. Ankara.
- Gençoğlan, C., Yazar, A. (1996). Kısıntılı su uygulamalarının mısır verimine ve su kullanım randımanına etkileri. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23 (1999) 233-241.
- İnan, İ. H. (2001). Alman Üniversitelerinde tarımsal eğitimin yeniden düzenlenmesi: Hohenheim Üniversitesinde tarımsal öğretim reformu. Tarım Ekonomisi Dergisi, (6) 1-2, 62-80.
- Kalayci, M. (2005). Use JUMP with examples and anova models for agricultural research. Anatolia Agricultural Research Institute Directorate Publications, No:21.
- Kanber, R., Yazar, A., Eylene, M. (1990). Çukurova koşullarında buğdaydan sonra yetiştirilen ikinci ürün mısırın su-verim ilişkisi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 173, Rapor Serisi No: 108.

- Kırnak, H., Gençoğlan, C., Değirmenci, V. (2003). Harran ovası koşullarında kısıntılı sulamanın II. ürün mısır verimine ve bitki gelişimine etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 34 (2), 117-123, 2003.
- Kırtok, Y. (1998). Mısır üretimi ve kullanımı kitabı. Kocaoluk Yayınevi, 402 s. İstanbul.
- Kuşçu, H., Karasu, A., Öz, M. (2010). Bursa koşullarında damla sulamanın mısır verimine etkisi. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2010. Kahramanmaraş.
- Mustek, J. T., Dusek, D. A. (1980). Irrigation corn yield response to water. Transactions of the ASAE, 23 (1), 92-98.
- Öğretir, K. (1993). Eskişehir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. K. H. Eskişehir Araştırma Enstitüsü Yayın No: 234, Seri No: R-182.
- Öktem, A. (2006). Effect of different irrigation intervals to drip irrigated dent corn (*Zea Mays* L. indentata) water-yield relationship. Pakistan Journal Of Biological Sciences, 9 (8), 1476-1481.
- Öktem, A. (2008). Effects of deficit irrigation on some yield characteristics of sweet corn. Bangladesh Journal of Botany, 37 (2), 127-131.
- Özcan, G. (2010). Konya ekolojik koşullarında hibrid ve kompozit mısır çeşitlerinin (*Zea mays* L.) farklı su uygulamalarına tepkilerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Konya.
- Özgürel, M. (2003). Mısır bitkisinin su-verim ilişkileri ve ceres-maize bitki büyüme modelinin bölge koşullarına uygunluğunun irdelenmesi üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Açık erişim).
- Tanner, C. B., Sinclair, T. R. (1983). Efficient water use in crop production: research or research, In: Limitations to efficient water use in crop production, Eds: al, H. M. T. e., Amer. Soc. Apron. Inc, p. 1-27.
- Trejo, J., Monsivais, G. O. A., Ramirez, O. J., Gonzalez, Z. A., Cerda, R. E., Hernandez, P. M., Sosa, S. E., Nuncio, A. R. (2006). Effect of three driptape installation depths on water use efficiency and yield parameters in forage maize (*Zea mays* L.) Cultivation. Técnica Pecuaria en México, 44 (3), 359-364.
- TÜİK, (2017). İstatistiki Göstergeler. www.tuik.gov.tr (Erişim Tarihi: 25.01.2017).
- Uçak, A. B., Değirmenci, H., Gençoğlan, C., Uçan, K., Aykanat, S., Karaca, Ö. F. (2010). Mısır bitkisinde farklı gelişme dönemlerinde su stresinin verime etkisi. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu. 27-29 Mayıs 2010 Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 777-789 s. Kahramanmaraş.
- Ul, M. A. (1990). Menemen Ovası koşullarında II. ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinin değişik gelişim aşamalarında uygulanan sulamaların verime etkisi üzerine bir araştırma. (Doktora Tezi). Ege Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalı, İzmir.
- Vasilas, L. B., Taylor, W. R. (1998). Extension Specialist III AF-01 Corn Pollination & Drought Stress.
- Xu, L., Hsiao, T. C. (2004). Predicted versus measured photosynthetic water-use efficiency of crop stands under dynamically changing field environments. Journal of Experimental Botany, Vol. 55, No. 407.
- Yazar, A., Çevik, B., Tekinel, O., Tülücü, K., Baştuğ, R., Kanber, R. (1990). Çukurova koşullarında yağmurlama yöntemiyle sulanan II. ürün soyada evapotranspirasyon-verim ilişkilerinin belirlenmesi. Doğa Tr.Journal of Agriculture and Forestry 14:181-203.
- Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, M. F., Yıldırım, E. (1995). Kısıntılı sulamanın verime etkisi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 347-365, Antalya.