

Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays L. indentata*) Su Verim İlişkilerine Etkisi

Mehmet ŞİMŞEK*

Sinan GERÇEK

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa
(mehmetsimsek@harran.edu.tr)

Geliş Tarihi : 24.11.2004

ÖZET: Bu çalışma; mısır bitkisinde damla sulamada dört farklı sulama (2, 4, 6 ve 8 gün) aralığındaki su verim ilişkisini belirlemek ve verim tepki faktörünü (k_v) saptamak amacıyla yapılmıştır. Araştırma, 1998 ve 1999 yıllarında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama alanında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada, 1998 ve 1999 yıllarında sırasıyla 814-1116 ve 843-1206 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. 1998 ve 1999 yılında en yüksek sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) 4 günde bir sulanan konuda sırasıyla 1.43 ve 1.22 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Su kullanım randımanı (WUE) her iki yılda ve tüm konularda benzer şekilde (1.02 ve 1.13 kg/m^3 arasında) gerçekleşmiştir. Oransal bitki su eksilişi ile oransal verim düşüşü arasında önemli farklılıklar saptanmıştır. Denemenin her iki yılında da en yüksek oransal su eksilişi 8 günlük sulama konusunda (ID8) %29.6 ve %29.3, buna karşın aynı konuda yıllara göre verimde oransal azalış %27.0 ve %28.4 olarak hesaplanmıştır. Bu oranlar sulama aralığı azaldıkça düşmüştür. Oransal evapotranspirasyon azalışı ile oransal verim azalışı arasında verim tepki faktörü (k_v) ilk yılda 0.72 – 0.95, ikinci yılda ise 0.70 - 0.97 arasında hesaplanmıştır. Her iki yılda da, sulama aralıklarına göre dane verimleri istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Her iki yıl için de en yüksek verim, 4 günlük sulama aralığında 1.41 ve 1.33 t/da saptanırken, en düşük verim ise 8 günlük sulama aralığında 1.03 ve 0.95 t/da olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yarı-kurak iklim kuşağındaki Harran Ovasında, damla sulama yöntemi ile 4 günlük sulama aralığının mısır bitkisi için uygun olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Damla sulama, Sulama Aralığı, Mısır Bitkisi, Su-Verim İlişkisi

The effect of different irrigation interval on water-yield relationship of corn (*Zea Mays L. indentata*) grown in semi-arid conditions

ABSTRACT: This study was carried out to determine the effect of four different irrigation intervals (2, 4, 6 and 8 days) on water-yield relationship and yield response factor of corn crop grown in semi-arid conditions. The experiments were set based upon randomized block design with three replications and the experiments were conducted at the Research Station Field of Faculty of Agriculture in Harran University during 1998 and 1999. Total of 814-1116 and 843-1206 mm irrigation water was applied in 1998 and 1999, respectively. The maximum irrigation water use efficiency (IWUE) were determined from 4-day irrigation treatment group with 1.43 and 1.22 kg/m^3 of IWUE in 1998 and 1999, respectively. Water use efficiency (WUE) of the treatment groups were found to be similar with values of 1.02 and 1.13 in both years. Significant differences were obtained between relative decrease of crop water use and relative decrease of yield. The maximum relative decrease of water was determined from 8-day irrigation treatment group (ID8) with 29.6 and 29.3% while 27.0 and 28.4% relative decrease of yield was obtained from the same treatment group in 1998 and 1999, respectively. These ratios were reduced as the irrigation interval is decreased. The yield response factor (k_v) between relative decrease of evapotranspiration and relative decrease of yield were ranged between 0.72 and 0.95 in 1998, between 0.70 and 0.97 in 1999. The grain yields based on irrigation intervals were found to be significantly important in both experimental years ($P<0.01$). The maximum yield were obtained from 4-day irrigation treatment group (ID4) with 1.41 and 1.33 t/da in both years while the minimum values were found in ID8 treatment group with 1.03 and 0.95 t/da. Results of this study demonstrated that 4-day irrigation interval was the optimal irrigation frequency for corn crop grown in semi-arid regions.

Keywords: Drip irrigation, Irrigation interval, Corn, water-yield relationship.

GİRİŞ

Ülkelerin kuru tarımdan sulu tarıma dönüşümünün mevcut akarsu havzalarının yıllık akış rejimlerine bağlı olduğu söylenebilir. Akarsu kaynaklarının yetersiz ve/veya olanaksız olması durumunda, hangi mali kaynak yaratılırsa yaratılsın tarımda başarı beklenemez. Tarımda kalkınmanın temeli; yeterli su potansiyelinin varlığına, suyun uygun kullanma politikasına ve biçimine bağlıdır.

Uyum projesi olmayan sulama planlamalarında kısa sürede tarım alanlarında tuzlanma alkalileşme meydana gelir. Oysa, birim alandan kalite ve kantite yönünden yüksek ürün alınması bir çok agronomik aktiviteler yanında uygun sulama yöntemlerinin seçilmesi ile olasıdır. Bu nedenle, her mikroklima ve bitki türü için uygun sulama aralığı ve sulama suyu miktarlarının saptanması gerekmektedir. Kanber vd. (1990b) aşırı

sulama suyu miktarı ile verimin artmadığını, çoğu kez bu tip sulamanın gereksiz olduğunu bildirmiştir.

Musick vd. (1990) tarımsal ürünlerden mısır bitkisi mevsimlik su gereksinimi fazla olan ve sulu koşullarda yetiştirilen bir ürün olduğunu bildirmişlerdir. Shaozhong vd. (2000) mısır bitkisinde verimin artması veya azalmasının çeşide, yağış ve buharlaşma miktarına, toprağın hidrolik iletkenliğine bağlı olduğunu, özellikle suyun kıt olduğu bölgelerde mısır bitkisinde kısıntılı sulamanın verimde düşüşe neden olmadığını bilakis su kullanım randımanının arttığını belirlemişlerdir. Bu amaçla, su tasarrufu konusunda bir çok çalışma yürütülmüştür. Geleneksel sulamalar modifiye edilerek bitki kök bölgesinin farklı kısımlarının sulanmasını öneren yeni fikirler ortaya atılmıştır (Kang vd., 1997). Damla sulama da bu yöntemlerden birisidir. Damla

sulama yöntemi su tasarrufu sağladığı gibi, verimde de artışa neden olmaktadır. Ancak lateralın her yıl serilmesi ve toplanması ayrıca damlatıcıların tıkanması bu sistemin hızlı bir şekilde artmasını engellemektedir.

Lamm vd. (1993) mısırdaki yaptıkları bir çalışmada, kısıntılı sulamada; yağışın 324 mm olduğu yılda 75 mm ilave su ile 780 g/m² verim, yağışın 352 mm olduğu yılda 640 g/m² verim almışlardır. Judy vd. (1998) kurak bölgede lizimetrede üç farklı toprak serisinde (Pullman, Ulysses, ve Amarillo) mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada, ölçülen evapotranspirasyon (ET) değerinin %20, %50, %80 ve %110' u kadar su uygulamışlardır. Verimler sırasıyla, Pullman serisinde 389-804 g/m², Ulysses serisinde 559-899 g/m² ve Amarillo serisinde 438-736 g/m² arasında, en düşük verim Amarillo serisinde ET'nin %110 uygulandığı konudan elde etmişlerdir. Kanber vd. (1990a) yürüttükleri bir çalışmada, ikinci ürün mısırın mevsimlik su tüketiminin 474.2-530.9 mm, sulama suyu gereksiniminin 290-427.8 mm arasında değiştiğini, mevsimlik verim faktörünün (k_v) 0.98 olduğunu ve bitkinin değişik dönemlerinde beş kez sulanması gerektiğini bildirmişlerdir.

İkinci ürün mısırdaki 5 günde bir gerçekleştirilen sulamadan 1.01 t/da en yüksek verim alındığı, 10 günde bir yapılan sulamadan 0.77 t/da verim elde edildiği ve 5 ve 10 günde bir sulamada sulama suyunun sırasıyla 1303 ve 970 mm, su tüketiminin 1371 ve 1037 mm olduğu, en yüksek aylık su gereksiniminin Ağustos ayında sırasıyla 610 ve 428 mm ölçüldüğü, ikinci ürün mısırdaki yüksek verim almak için 5 günde bir, su kaynağı yetersiz ise haftada bir veya en fazla 10 günde bir sulama yapılmasının gerektiği belirtilmiştir (Çetin, 1994).

Bu çalışmanın amacı, damla sulama yönteminde ve farklı sulama aralıklarında A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen değerlerin azalan oranlarında uygulanan su ile mısır bitkisinde sulama performansını belirlemek ve su-verim ilişkisini saptamaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, 1998 ve 1999 yıllarında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama alanında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her parsel 5x2.8 m boyutlarında, 4 sıradan oluşmuştur. Sıra arası/üzeri; 70/20 cm olacak şekilde; birinci yıl 21.06.1998 (Day of

Year, DOY 193) ve ikinci yıl 26.06.1999 (DOY 198) tarihlerinde 7100 bitki/da gelecek şekilde ekim yapılmıştır. Materyal olarak *Dracma* hibrit mısır (*Zea mays L. indentata*) çeşidi kullanılmıştır. Ekimle birlikte 8 kg/da N, P, K (20-20-0 kompoze) ayrıca bitki boyu 30-40 cm olduğunda 18 kg/da üre formunda N uygulanmıştır. Dane nemi % 15 olduğunda; birinci yıl 27.10.1998 (DOY 301) ve ikinci yıl 11.11.1999 (DOY 315) tarihlerinde her parselin ortasındaki iki sırada bulunan koçanlar hasat edilmiş ve danelenerek tartılmak suretiyle parsel ve dekara verimler hesaplanmıştır. Elde edilen veriler MSTATC istatistik programında LSD testi ile değerlendirilmiştir (Yurtsever, 1984).

Harran Ovası, yarı-kurak iklim kuşağında bulunmaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve az yağışlı geçmektedir. Deneme alanının denizden yüksekliği ortalama 464-467 m arasında olup, 37°08'N - 38°46'E enlem ve boylamları arasında yer almaktadır. Deneme alanı toprakları İkizce serisinde yer almaktadır. İkizce serisi toprakları, topoğrafyası düz ve düze yakın, tüm profil kil tekstürlü ve profil boyunca çok kireçli, pH' sı 7.3-7.4 arasında değişen, yüzeyde organik madde %1.1 derinlerde %0.8' e düşen yapıda özellik göstermektedir (Dinç vd., 1991). Deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlığı değerleri sırasıyla kuru ağırlık esasına göre % 32.71-33.84, %21.18-22.55 ve 1.37-1.41 g/cm³ arasında değişmiş, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de, sulamada kullanılan su, kuyu suyu olup bazı kimyasal özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü Şanlıurfa' da deneme yıllarına ilişkin iklim değerleri ve uzun yıllar aylık ortalamaları Tablo 3'te verilmiştir (Anonim, 1999). Tablonun incelenmesinden görüleceği gibi uzun yıllar; ortalama maksimum hava sıcaklığı 33.3 °C ile Temmuz ayında, maksimum yağış ve hava nemi sırasıyla 93.1 mm ve %71 olarak Ocak ayında gerçekleşmiştir. Uzun yıllar ile araştırma yıllarındaki oransal nem karşılaştırıldığında; Mayıs ayından Ekim ayına kadar sulamanın yoğun yapıldığı aylarda GAP sulama projesinden dolayı nem miktarında artış olduğu gözlenmiştir. Oransal nemdeki artış bazı yıllar %10'dan daha yüksek saptanmıştır.

Tablo 1. Deneme Alanı Topraklarının bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Tarla Kap. (%w/w)	Solma Nok. (%w/w)	Hacim Ağ. (gr/cm ³)	Bünye	pH	Tot.Tuz (%)	CaCO ₃
0-30	33.19	22.14	1.39	C	7.75	0.071	26.8
30-60	32.71	21.18	1.41	C	7.83	0.069	29.7
60-90	33.84	22.55	1.37	C	7.36	0.073	27.9

Tablo2. Sulama suyunun bazı kimyasal özellikleri

Elektriksel İletkenlik (µmhos/cm)	Katyonlar (me/L)				Anyonlar (me/L)				pH	Suyun sınıfı
	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Top.	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄	Top.		
309	1.98	0.02	0.25	2.25	0.90	0.60	0.75	2.25	7.0	C ₂ S ₁

Tablo 3. Araştırma yıllarına ve uzun yıllara ilişkin şanlıurfa ili kimi iklim verileri

İklim Unsurları	Yıl	A Y L A R												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıl.Ort.
Sıcaklık (°C)	1998	5.0	6.8	10.1	17.0	21.9	29.4	33.0	33.4	27.0	21.5	16.7	9.6	19.3
	1999	8.4	8.2	11.5	16.6	24.8	28.8	32.5	31.2	26.2	21.0	13.5	10.0	19.4
	U.Y*	5.1	6.7	10.3	15.8	21.8	27.7	33.3	31.1	26.7	19.9	12.8	7.3	18.2
Yağış (mm)	1998	109.6	45.3	78.0	49.2	51.1	0.6	-	-	-	0.1	22.7	68.6	425.2
	1999	39.9	86.3	43.3	58.1	0.5	1.6	-	26.0	-	8.4	0.8	36.7	301.6
	U.Y*	93.1	70.3	66.2	52.0	26.0	2.6	0.6	0.6	1.0	25.0	43.3	82.4	463.1
Oransal Nem (%)	1998	73.4	52.0	65.0	60.9	54.6	46.2	43.8	41.4	53.3	49.5	66.4	71.9	56.5
	1999	71.9	71.3	64.0	63.3	44.2	43.6	39.7	44.7	46.8	51.2	50.9	66.0	54.8
	U.Y*	71.0	68.0	61.0	55.0	44.0	31.0	28.0	30.0	33.0	43.0	58.0	69.0	49.0

* uzun yıllar (59 yıl)

Güneydoğu Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde baraj göl ve sulama şebekeleri gibi büyük su yapılarının, çevre ikliminde ve hidrolojisinde değişikliğe neden olabileceği “vaha etkisi” sonucu su dengesini de değiştirebileceği bildirilmektedir (Kadioğlu, 1993).

Sulama konuları ve yöntem

Sulama konularında, A sınıfı buharlaşma kabında belirlenen ve 2 günlük sulama aralığında (ID2) toplam buharlaşmanın %100'ü, 4 günlük sulama aralığında (ID4) %90'ı, 6 günlük sulama aralığında (ID6) %80'i ve 8 günlük sulama aralığında (ID8) ise %70'ine karşılık gelen su uygulanmıştır. Böylece, farklı sulama aralıklarında oluşturulan oransal su kısıntısının etkisi araştırılmıştır.

Topraktaki nem değişimi 0-90 cm' lik katmanlarda gravimetrik yöntemle hesaplanmıştır. Toprak nemi, anılan katmanlarda 8 günlük aralıklarla izlenmiştir. Nem tayini, ilk sulamalardan önce başlamış ve hasattan önceki son sulamalara kadar sürdürülmüştür. İlk sulamada, toprak derinliğinin 0-90 cm' lik katmanı tarla kapasitesine gelecek kadar su uygulanmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarı; her gün saat 08⁰⁰ de A sınıfı buharlaşma kabından (Kanber, 1984), 0.1 mm duyarlılıkta derinlik ölçer ile okunan su düzeyleri toplamının, alanla çarpılarak hacim olarak hesaplanmasıyla elde edilmiş ve parsel başlarına yerleştirilen sayaçlarda ölçülerek denetlenmiştir. Konulu sulamalara, toprak nem içeriğindeki kullanılabilir su düzeyi %50 düzeyine düştüğünde başlanmıştır.Bitki su tüketimi Eşitlik 1'de Garrity vd., (1982)'ye göre belirlenmiştir.

$$ET_c = P + I - R - D_p \pm \Delta S \quad (1)$$

Eşitlikte;

ET_c=bitki su tüketimi (mm) (ET_c, ET_a olarak

değerlendirilmiştir),

P= yağış (mm),

I= sulama suyu (mm),

R= yüzey akış (mm),

D_p= derine sızma (mm),

ΔS = kök bölgesinde toprak nem içeriğindeki (mm)

değişimi ifade etmektedir.

Toplam su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) için Howell vd. (1990) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır. WUE; dekadardan elde edilen ürün miktarının (t) bitki su tüketimine (m³) bölünmesinden, IWUE; dekadardan elde edilen ürün miktarının (t) sulama suyu miktarına (m³) bölünmesinden elde edilmiştir.

Mısırın verim-su ilişkilerinin saptanmasında; oransal verim düşüşleri ve oransal su tüketim eksilişinde boyutsuz parametrelerin kullanıldığı Stewart eşitliği (2) ile değerlendirme yapılmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (2)$$

Eşitlikte;

Y_a=Gerçek verim (t/da),Y_m=Maksimum verim (t/da),Y_a/Y_m=oransal verim,1-(Y_a/Y_m)=Oransal verim düşüşü,ET_a=Gerçek bitki su tüketimi (mm),ET_m=maksimum bitki su tüketimi (mm),ET_a/ET_m=Oransal su tüketimi,1-(ET_a/ET_m)=Oransal bitki su eksilişi,k_y=Verim tepki faktörüdür.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Mevsimlik su tüketimi ile dane verimi arasındaki ilişki

Damla sulama yöntemi ile farklı sulama aralıklarında sulanan mısır bitkisinin; verim değerleri, oransal verim düşüşleri ile oransal su tüketim eksilişleri, sulama suyu miktarları (I), su tasarruf oranları ve verim tepki faktörü (k_y) Tablo 4'te verilmiştir. Denemenin ilk yılında en fazla su 1116 mm ile 2 günde bir sulanan ID2 konusuna, en az su 814 mm ile 8 günde bir sulanan ID8 konusuna, ikinci yılda en fazla su 1206 mm ile 2 günde bir sulanan ID2 konusuna, en az su 843 mm ile 8 günde bir sulanan ID8 konusuna uygulanmıştır. Ölçülen bitki su tüketim değerleri birinci yılda en fazla ID4

Tablo 4. Oransal su tüketimleri eksilişleri ile oransal verim düşüşleri arasındaki ilişki ve verim tepki faktörü (k_y)

Deneme Konuları-Yılı	Y_a (t/da)	Y_m (t/da)	$1-(Y_a/Y_m)$	ET_a (mm)	ET_m (mm)	$1-(ET_a/ET_m)$	I (mm)	Su Tasarrufu (%)	k_y
ID2-1998	1.35	1.41	0.038	1224	1292	0.053	1116	0.00	0.72
ID4-1998	1.41	1.41	0.000	1292	1292	0.000	986	11.6	-
ID6-1998	1.13	1.41	0.195	1027	1292	0.205	917	17.8	0.95
ID8-1998	1.03	1.41	0.270	909	1292	0.296	814	27.1	0.91
ID2-1999	1.23	1.33	0.078	1160	1306	0.112	1206	0.00	0.70
ID4-1999	1.33	1.33	0.000	1306	1306	0.000	1092	9.4	-
ID6-1999	1.13	1.33	0.154	1098	1306	0.159	936	22.3	0.97
ID8-1999	0.95	1.33	0.284	923	1306	0.293	843	30.1	0.97

konusunda 1292 mm ve en su az tüketim ID8 konusunda 909 mm, aynı şekilde ikinci yılda en fazla su tüketimi ID4 konusunda 1306 mm ve en az tüketim ID8 konusunda 923 mm belirlenmiştir. Diğer konulara uygulanan su miktarları ve ölçülen bitki su tüketim değerleri bu sınırlar arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu ve ölçülen bitki su tüketim değerleri ikinci yılda birinci yıla göre daha yüksek çıkması, ilk sulamadan önce topraktaki mevcut nem miktarının ve iklimsel parametrelerin her iki yılda farklı olmasına bağlanabilir.

Araştırmanın yürütüldüğü 1998 ve 1999 yıllarına ve mısır dane verimlerinin %15 neme göre, konular arasındaki farklılıkların önem düzeyleri LSD testi ile saptanmış ve Tablo 5'te özetlenmiştir. Söz konusu tablodan izleneceği gibi, denemenin her iki yılında da sulama suyu miktarının dane verimi üzerine etkisi önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Ancak, su miktarı arttıkça dane verimi aynı oranda artmamıştır. Her iki yılda A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen toplam buharlaşmanın %90' ı uygulanan ve 4 günde bir sulanan ID4 konusunda en yüksek dane verimi elde edilmiştir. Bulgumuzu destekler nitelikte önemli bir görüş, Yaron (1971) tarafından bildirilmiş, her bir birim su eksilişine karşı verim azalış oranının her zaman sabit olmadığı ifade edilmiştir.

Tablo 5. Dane verimi (t/da) ve LSD değerleri

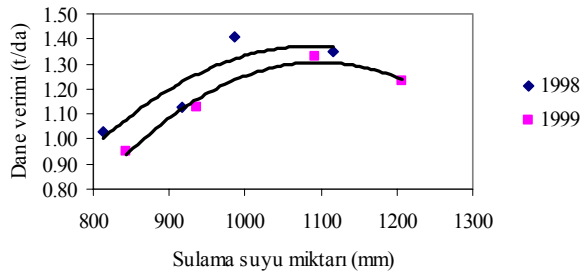
Sulama Konuları	1998	1999	Ort.
ID2	1.35	1.23	1.29
ID4	1.41	1.33	1.37
ID6	1.13	1.13	1.13
ID8	1.03	0.95	0.99
LSD_{0.01}	0.24	0.37	0.64

Araştırmanın ilk yılında, 2 günde bir sulanan ve en yüksek sulama suyu uygulanan ID2 konusunda, ID4 konusuna göre oransal verim düşüşü % 3.8 olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen bulgular, Judy vd. (1998) tarafından saptanan sonuçlarla uyumludur. En yüksek verim, % 11.6 su tasarrufu sağlanan ve 4 günde bir sulanan (ID4) konuda 1.41 t/da bulunmuştur. ID6 ve

ID8 konularının 1998 yılı için oransal verim düşüşleri %19.5 ve % 27.0, bu konular için su tasarrufu % 17.8 ve % 27.1 olarak gerçekleşmiştir. İkinci yılda, 2 günde bir sulanan ve en yüksek sulama suyu uygulanan konuda oransal verim azalışı % 7.8 olarak hesaplanmıştır. En yüksek verim ID2 konusuna göre % 9.4 su tasarrufu sağlanan ve 4 günde bir sulanan konuda 1.33 t/da bulunmuştur. İkinci yılda ID6 ve ID8 konularında elde edilen sonuçlar ilk yıla benzer gerçekleşmiştir. Çetin (1994) tarafından ikinci ürün mısırdaki 5 günde bir sulama önerilen sonuçlarla, araştırma sonucu elde edilen bulgular uyum göstermiştir. Zhang ve Davies (1989) bitkinin kuraklık stresinde uzun süre kalması ile verimin düştüğünü bildirmişlerdir. Çalışma sonucu edilen sonuçlar bildirilen görüşle uyumludur.

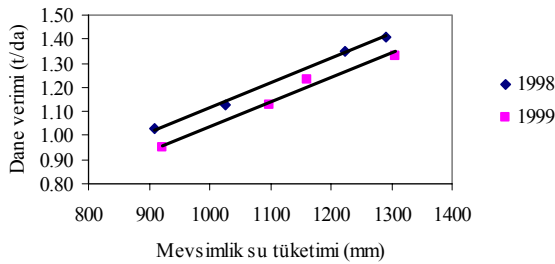
Su stresinin düşük veya hiç olmadığı koşullarda bitki kökleri, su ve bitki besin maddelerini daha çok üst katmanlardan sağlar. Ancak su stresi olduğunda, bitki su ve besin maddelerini bulabilmek için, bitki kökleri daha derinlere inmektedir (Rhoads ve Bennett, 1990). Derinlere inen köklerin toprağın alt katmanlarında yer alan besin maddelerinden yararlanma oranı yüksektir. ID4 konusunda ID2 den daha yüksek verim alınmasının nedeni bu şekilde açıklanabilir. Bu sonuçlara göre mısır dane üretiminde, 2 günde bir tam sulanan konu ile 6 ve 8 günde bir sulanan konularda mısır bitkisinin suya duyarlı ve dane oluşumu için uygulanan suya dayanıklı olmadığı yorumu yapılabilir.

Her iki deneme yılında da I ile Y_a arasında ikinci dereceden polinomial bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 1). 1998 yılı için polinom denklemi $Y_a = -5E-06 I^2 + 0.0106 I + 4.4028$ ($r^2=0.80$) ve 1999 yılı için $Y_a = -6E-06 I^2 + 0.0125 I + 5.5382$ ($r^2=0.97$) hesaplanmıştır. Şekilden de izleneceği gibi uygulanan sulama suyu 1000 mm' yi aştığında, verimde oransal azalışın önemli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Dane verimi ile sulama suyu ilişkisi

Toplam büyüme mevsimi için ET_a ile Y_a arasında, birinci dereceden doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır (Şekil 2.). Denemenin her iki yılı için regresyon denklemi sırasıyla $Y_a = 0.001 ET_a + 0.0983$ ($r^2=0.81$) ve $Y = 0.001 ET_a + 0.0238$ ($r^2=0.97$) olarak hesaplanmıştır. Şekilden de izleneceği gibi doğrunun eğiminden, yaklaşık olarak bir birimlik su tüketimindeki artışın bir birimlik verim artışına karşılık geleceği kestirilebilir.



Şekil 2. Dane verimi ile mevsimlik su tüketimi ilişkisi

Su kullanım etkinliği

Toplam su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri, konulara ve yıllara göre önemli değişim göstermemiştir. Lyle ve Bordovsky (1995) IWUE değerini, 1.9 kg/m^3 , Musick ve Dusek (1980) 1.25-1.46 kg/m^3 arasında, Köksal (1995) ise WUE değerini Çukurova koşullarında 1.38-1.80 ve 0.87-3.19 kg/m^3 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Gençoğlu (1996) Çukurova'da yürütülen başka bir çalışmada 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. Elde edilen IWUE ve WUE sonuçları araştırmacıların bildirdikleri değerlerle çoğu kez benzerlik göstermiştir (Tablo 6). En yüksek IWUE değeri, her iki yılda da ID4 konusunda sırasıyla 1.43 kg/m^3 ve 1.22 kg/m^3 olarak elde edilmiştir.

Tablo 6. Mısır bitkisinde WUE ve IWUE değerleri

Deneme Konuları	WUE (kg/m^3)		IWUE (kg/m^3)	
	1998	1999	1998	1999
ID2	1.11	1.06	1.21	1.02
ID4	1.09	1.02	1.43	1.22
ID6	1.10	1.02	1.24	1.20
ID8	1.13	1.03	1.26	1.13

Verim tepki faktörü (k_y)

Toplam büyüme mevsimi için oransal su tüketim azalışı ile oransal verim azalışı arasındaki ilişki (k_y) iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayımına dayanır (Stewart vd., 1975., Doorenbos ve Kassam, 1979). Başka bir yaklaşım, su tüketiminde bir birimlik açığa karşılık verimde meydana gelecek azalma miktarıdır. Sulama planlaması açısından önemli sayılan ve yetiştirme periyodunda su kısıntısının birim verime etki derecesinin bir ölçüsü olarak kabul edilen k_y , deneme konularında ID2, ID6 ve ID8 için sırasıyla ilk yılda 0.72, 0.95 ve 0.91, ikinci yılda 0.70, 0.97 ve 0.97 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4).

ID4 konusuna göre ID2 konusunda ilk ve ikinci yılda %5.3 ve %11.2 oransal su tüketim eksilişine ve %3.8 ile %7.8 oransal verim düşüşüne neden olmuştur. ID6 konusunda ise %20.5 ve %15.9 su eksilişine karşılık %19.5 ile %15.4 oransal verimi düşüşü saptanmıştır. En büyük fark ID8 konusunda meydana gelmiş ve ID4 konusu dikkate alındığında %29.6 ve %29.3 oransal su tüketim düşüşleri gerçekleşirken, oransal verim azalışı %27.0 ve %28.4'e yükselmiştir (Tablo 4).

Elde edilen bulgular, yürütülen bir çok araştırma sonucu ile benzerlik ve farklılık göstermiştir. Doorenbos ve Kassam (1979) mısır bitkisinin toplam büyüme mevsimi için k_y ; 1.25, Yıldırım vd. (1996) 0.97, Kanber vd. (1990a) 0.98, Köksal (1995) mevsim boyunca eşit su kısıntısı uygulandığı koşullarda 0.85 olarak vermişlerdir. Araştırma sonucunda elde edilen değerler ile araştırmacıların bildirdiği k_y faktörü arasındaki farklılıkların nedeni, farklı iklim, toprak, çeşit ve büyüme mevsim uzunluklarına bağlanabilir.

Bu sonuçlara göre yarı-kurak iklim koşullarında mısır bitkisinde; damla sulama yöntemi ile A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen değerden %10 su tasarrufu sağlanarak gerçekleştirilen 4 günlük sulama aralığı önerilebilir. Damla sulama ile ortalama 1.37 t/da verim alınabilir.

SONUÇ

Farklı sulama aralıklarında A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen toplam buharlaşma değerinde oransal kısıntı yapılarak oluşturulan sulama konuları uygulanarak mısır bitkisinde su-verim ilişkileri araştırılmış, en uygun sulama aralığı konusu, en yüksek verim alınan (1.37 t/da) damla sulamada 4 gün aralığı sulanan ID4 konusu olmuştur. ID4 konusunda, en fazla su uygulanan ID2 konusuna göre %11.6 su tasarrufu

sağlanmış ve ortalama bir m³ su ile 1998 yılında en yüksek 1.41 kg dane verimi alınmıştır.

Sonuç olarak, sulama suyunun önemli ve çoğu kez kısıntılı olduğu kurak ve yarı-kurak bölgelerde mısır bitkisinde 4 günlük sulama aralığı önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1999. Şanlıurfa Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları, Şanlıurfa.
- Çetin, Ö., 1994. Harran Ovası koşullarında ikinci ürün mısır su gereksinimi. K.H.Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No:90/63, Şanlıurfa.
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Yılmaz, K., Sarı, M., Yegingil, I., Yeşilsoy, S., Çolak, A.K., Özbek, H. and Kara, E.E., 1991. The physical, chemical and biological properties and classification mapping of soils of the Harran Plain. TUBITAK Project number: TOAG-534.
- Doorenbos, D., Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No 33. Food and Agriculture Organization of The United Nations, No:193, Rome.
- Garrity, P.D., Watts, D.G., Sullivan, C.Y., Gilley, J.R., 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance: Evapotranspiration yield relationships, Agron. J. 74: 815-820.
- Gençoğlan, C., 1996. Mısır bitkisinin su-verim ilişkileri, kök dağılımı ile bitki su stresi indeksinin belirlenmesi ve CERES-Maize bitki büyüme modelinin yöreye uyumluluğunun irdelenmesi.Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 220s. Adana.
- Howell, T.A., Cuenca, H.A., Solomon, K.H., 1990. Crop Yield response. Management of farm irrigation systems. Trans. ASAE Monograph Chap S. USA.
- Judy, A.Tolk., Terry.A., Howell., Steven R., Evert., 1998. Evapotranspiration and yield of corn grown on three high plains soils. Agron. J. 90: 447-454.
- Kadioğlu, M., 1993. GAP Bölgesinde beklenen iklim değişiklikleri. TMMOB GAP Teknik Hizmetler Sempozyumu. s. 327-343 Ankara.
- Kanber, R., 1984. Çukurova koşullarında açık su yüzeyi buharlaşmasında (Class A Pan) yararlanarak birinci ve ikinci ürün yerfistiğinin sulanması. Topraksu Arş. Ens. Md Genel Yayın No:114, Tarsus.
- Kanber, R., Yazar, A., Eylem, M., 1990a. Çukurova koşullarında buğdaydan sonra yetiştirilen ikinci ürün mısırın su-verim ilişkisi. Tarsus Bölge Topraksu Arş. Ens. Md. Genel Yayın No:173/108, Tarsus.
- Kanber, R., Baştuğ, R., Köksal, H., Baytorun, N., 1990b. Yields and comparative performance of different crop production functions of cotton as influenced by deficit irrigation. Doğa Tr. J. of Agri. and Forestry, 14: 533-547.
- Kang, S., Zhang, J., Liang, Z., Hu, X., Cai, H., 1997. The controlled alternative irrigation a new approach for water saving regulation in farmland. Ag. Res. Arid Area (Chinese), 15(1): 1-6.
- 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 Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama anabilim dalı, Doktora Tezi, 199s. Adana.
- Lamm, F.R., Nelson, M.E., Rogers, D.H., 1993. Resource allocation in corn production with water resource constraints. Trans. ASAE 9:379-385.
- Lyle, W.M., Bordovsky, J.P., 1995. LEPA corn with limited water supplies. Transaction of the ASAE. 38: 2455-462.
- Musick, L.T., Dusek, D.A., 1980. Irrigated corn yield response to water. Trans. ASAE. 23(1): 92-98,103.
- Musick, J.T., Pringle, F.B., Harman, W.L., Stewart, B.A., 1990. Long-term irrigation trends: Texas High Plains. App. Eng. Agric. 6:717-724.
- Rhoads, F.M., Bennett, J.M., 1990. Corn in irrigation of agricultural crops ASAE Agronomy. Monograph No. 30, 569-596.
- Shaozhong, K., Wenjuan, S., Zhang, J., 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. Field Crops Research, 67: 207-214.
- Stewart, J.I., Misra, R.D., Pruitt, W.O., Hagan, R.M., 1975. Irrigating corn and sorghum with a deficient water supply. Trans. ASAE. 18: 270-280.
- Yaron, D., 1971. Estimation and use of water production functions in crops Journal of the Irrigation Drain. Div. Proc. Trans. ASAE, 291-302.
- Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, F., Yıldırım, Y.E., Öztürk, A., 1996. Yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında mısır verimi. Tr. J. of Agri. and Forestry, 20. (4): 283-288, Ankara.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metodları. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Zhang, J., Davies, W.J., 1989. Changes in the concentration of ABA in xylem sap as a function of changing soil water status will account for changes in leaf conductance. Plant, Cell and Environ. 13:277-285.