

Harran Ovası Koşullarında Kısıntılı Sulamanın II. Ürün Mısır Verimine ve Bitki Gelişimine Etkisi

Halil KIRNAK

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ŞANLIURFA (hkirkak@yahoo.com)

Cafer GENÇOĞLAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, KAHRAMANMARAŞ

Veli DEĞİRMENCI

Köyhizmetleri Araştırma Enstitüsü, ŞANLIURFA

Geliş Tarihi : 20.02.2002

ÖZET: Bu çalışma, mısır bitkisinin kısıntılı sulama uygulamalarında ortaya koyduğu verim ve gelişim tepkileri belirlemek amacıyla 1999-2000 yıllarında Harran Ovası koşullarında yürütülmüştür. Bu amaçla 5 konulu 3 tekrarlı bir deneme kurulmuştur. Kontrol parseline 7 günde bir etkili kök bölgesindeki mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde sulama suyu uygulanırken, diğer konulara kontrol konusuna verilen suyun % 20, 40, 60, 80'i kadar su damla sulama sistemiyle uygulanmıştır. Kontrol konusuna denemenin birinci ve ikinci yılında sırasıyla toplam 1215 ve 1295 mm su uygulanmıştır. Anılan konuya ilişkin su tüketimi birinci yıl 1320 mm, ikinci yıl 1435 mm olarak belirlenmiştir. Söz konusu sulama konusunda dekara verim 1999 yılında 1294 kg; 2000 yılında ise 1405 kg olmuştur. Verilen su miktarındaki azalış oranına bağlı olarak bitki boyu, gövde çapı, yaprak alan indeksi ve kuru madde miktarında önemli düşüşler gözlenmiştir. Verim-tepki etmeni (k_y) toplam büyüme mevsimi için 1999 ve 2000 yılı için sırasıyla 0.77 ve 0.81 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Damla sulama, mısır, verim-tepki etmeni, Harran Ovası

Effect of Deficit Irrigation on Yield and Growth of Second Crop Corn in Harran Plain Conditions

SUMMARY: This research was conducted to determine response of corn yield and growth against deficit irrigation in Harran Plain conditions. Experiment was conducted with 5 trials along with 3 replications in the years of 1999 and 2000 using drip irrigation system. While control plots were irrigated as 100% replenishment of soil water depletion in the effective root zone on weekly intervals, irrigation water was applied to the other treatments with 20%, 40%, 60% and 80% of those applied water to control plots. A total of 1215 mm and 1295 mm of irrigation water were applied to control irrigation treatment, in which water depletion was determined as 1320 mm and 1435 mm in 1999 and 2000, respectively. Grain yield obtained from the above mentioned treatment was 1294 kg/da in the first year and 1405 kg/da in the second year. A significant decrease in growth parameters examined (plant height, stem diameter, LAI, and dry matter) was observed based on reductions in the application of irrigation water. Yield response factor for total growing period were found as 0.77 and 0.81 for 1999 and 2000 growing periods, respectively.

Key words: Drip irrigation, corn, yield response factor, Harran plain

GİRİŞ

Sulama, sürdürülebilir tarımın ayrılmaz bir parçası ve bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdilerden biridir. Dünyanın bir çok bölgesinde sulamanın öneminin artmasına karşılık, suyun etkin bir biçimde ve çevreye de zarar vermeden kullanımı konusundaki endişelerde hızla artmaktadır. Sulama, su stresine duyarlı ve ekonomik değeri yüksek olan bitkileri daha olumlu yönde etkilemektedir. Sulamadan beklenen yararın sağlanabilmesi için suyun etkin kullanımı yanında modern sulama yöntemlerinin kullanımı da önem kazanmaktadır. Damla sulama yöntemiyle daha az su uygulanması nedeniyle topraktaki gübre ve diğer bitki besin elementlerinin yıkanarak derine sızması en aza indirilmekte ve buna bağlı olarak çevre kirliliği önlenmektedir (Yıldırım ve Kodal, 1998; Ertek ve Kanber, 2000).

Bitki kök bölgesindeki nem düzeyi, optimum bitki gelişimi için, istenilenden az olursa verim, gelişim ve fizyolojik parametrelerde olumsuzluklar kendini gösterir. Bu nedenle, sulama programları yapılırken bitki-toprak-

iklim koşullarına göre karar vermek en uygun yaklaşımdır. Suyun pahalı olduğu yerlerde birim sudan, tarımsal alanın sınırlı olduğu yerlerde ise birim alandan en çok ürünün alınmasını hedefleyen sulama programlarının yapılması gerekir (Köksal ve ark., 2001). Verim-tepki etmeni (k_y) değerleri, suyun etkin kullanımı çalışmalarında başvurulan parametrelerin başında gelmektedir. Bu nedenle bitkilerin mevsimlik ve farklı gelişme dönemlerine ilişkin k_y değerlerinin araştırmalarla belirlenmesi gerekir.

Doorenbos ve Kassam (1979), mısır bitkisinin toprakların elverişli nem kapasitesinin % 55'i tüketildiği zaman, sulanması halinde verimin artacağı ve mısırın mevsimlik k_y değerinin 1.25 olarak alınabileceğini vurgulamışlardır. Kanber ve ark. (1990), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırın su-verim ilişkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmalarda; ilk suyun ekimden 27 gün sonra, ikinci suyun tepe püskülü çıkışı tamamlandığında, üçüncü suyun koçan püskülü çıkışında, dördüncü suyun dane oluşturma ve beşinci

suyun süt olum döneminde uygulanması gerektiğini önermişlerdir. Aynı çalışmada, mısırın sulama suyu gereksiniminin 290-427 mm, mevsimlik su tüketiminin ise 427-531 mm arasında değiştiğini ve mevsimlik su tüketimi ile dane verimi arasındaki ilişkinin önemli olduğunu saptanmıştır.

Braunworth ve Mack (1989), mısır bitkisinin elverişli nem kapasitesinin % 50'si tüketilmeden sulanması gerektiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 50'si tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek şekilde kontrol parseline verilen suyun %15 oranında azaltılması şeklinde yapılan bir kısıntıdan yüksek verim elde edileceğini saptamışlardır. Çetin (1996), Harran Ovası koşullarında ikinci ürün mısırdaki en yüksek verim almak için 5 günde bir sulamayı, su yetersiz ise haftada bir veya en fazla 10 günde bir sulamayı önermiştir. Araştırmada verim, 5 ve 10 gün arayla yapılan sulamalarda sırasıyla 1015 kg/da ve 771 kg/da bulunmuştur. Mevsimlik su tüketimi ve uygulanan su miktarları ise sırasıyla 5 günlük konuda 1371 mm ve 1303 mm, 10 günlük sulamada ise sırasıyla 1037 mm ve 970 mm olarak ölçülmüştür. Değirmenci ve ark. (1998), Harran Ovası koşullarında ikinci ürün mısırın mevsimlik su tüketimini 1000 mm olarak belirlemişlerdir. Yazar ve ark. (1999), ABD'de mısır üzerine yaptıkları bir çalışmada bitki kök bölgesinde eksilen suyun % 100'ünün verildiği kontrol uygulamasında verim, su tüketimi ve su kullanım randımanını sırasıyla 1.246 kg/m², 786 mm ve 1.34 kg/m³ olarak bulmuşlardır. Stegman (1986), tarafından yarı-humid bölgede yapılan bir mısır denemesinde, mevsimlik sulama suyundan kaba bünyeli topraklarda %23, orta bünyeli topraklarda ise % 30 düzeyinde bir kısıntı yapılması halinde maksimum verimde % 5'lik bir verim azalmanın olacağı belirlenmiştir.

Loomis ve Willams (1963), su stresi ile bitki taç gelişimi arasında yakın bir ilişki olduğunu ve su stresinin etkili olduğu durumlarda bitki gelişiminin ve verimin azaldığını tespit etmişlerdir. Sammis ve ark. (1988) ise, kök gelişimi ile kuru madde miktarı üzerine sulama yöntemi ve su seviyesinin etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada, Harran Ovasında damla sulama sistemiyle sulanan ve ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinde kısıntılı sulamanın, verim ve bitki gelişime etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, 1999 ve 2000 yıllarında Şanlıurfa-Koruklu araştırma istasyonunda yürütülmüştür. Deneme alanının denizden yüksekliği 460 m olup, 37° 08' N ve 38° 46' E enlem ve boyları arasındadır. Araştırma alanı toprakları ağır bünyeli olup, toprakların bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Yöre, arid iklim kuşağında olup, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve az yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış 360 mm'dir. Denemede kullanılan sulama suyunun kalitesi C₂ S₁ olup, mısır üretimi bakımından sakıncası yoktur.

Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak iki yıl süre ile yapılan denemede 5 sulama seviyesi ele alınmıştır. Sulamalar; her 7 günde bir, 0-90 cm'lik toprak profilindeki eksilen nemin farklı düzeylerinin verilmesi esasına dayandırılmıştır. Toprak nemi gravimetrik yöntemle ölçülmüştür. Buna göre; K: Kontrol parseline tüketilen suyun %100'unun tekrar uygulanması; S₁, S₂, S₃ ve S₄ sulama konularında ise kontrol parseline uygulanan sulama suyu miktarının % 80, % 60, % 40 ve % 20'si uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Denemenin birinci yılında ilk sulama, kullanılabilir su düzeyi yaklaşık %50'ye düştüğünde ekimden 28 gün sonra ve ikinci yılında ise ekimden 31 gün sonra yapılmıştır.

Homojen bir çimlenme ve çıkış sağlanabilmesi açısından ekim sonrası tüm parseller tarla kapasitesine getirilmiş ve daha sonra deneme konularına göre sulama uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Parsel boyları 8 m alınmış ve her parselde toplam 6 sıra yer almıştır. Deneme parselleri ve tekrarlamalar arasında 3.0 m tampon bölge bırakılmıştır. Sistem, her bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde planlanmıştır. Konulara verilmesi gerekli sulama suyu miktarı su sayacı yardımıyla kontrol edilmiştir. Damla sulama sisteminde, üzerinde 25 cm aralıklarla inline tipi damlatıcılar bulunan 16 mm çapında PE plastik lateral borular kullanılmıştır. Damlatıcı debileri 1 atmosfer basınçta 2 L/h'dir.

Tablo 1. Deneme alanı toprağının bazı özellikleri

Toprak katmanı (cm)	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	Bünye sınıfı	Tuz (%)	pH	Tarla kapasitesi		Solma noktası	
					%Pw	mm	%Pw	mm
0-30	1.32	C	0.220	7.45	31.95	126.52	21.53	85.26
30-60	1.37	C	0.169	7.46	31.68	130.20	21.20	87.13
60-90	1.31	C	0.157	7.40	32.38	127.25	21.53	84.62
90-120	1.45	C	0.129	7.40	32.84	142.85	21.52	93.61

Tohum materyali olarak RX788 hibrit mısır (*Zea mays L. indentata*) çeşidi kullanılmıştır. Sıra arası 70 cm, sıra üzeri 25 cm olacak şekilde; birinci yıl 20.06.1999, ikinci yıl ise 25.06.2000 tarihinde elle ekim yapılmıştır. Ekimle birlikte saf olarak 8 kg/da N, P, K (20-20-0 kompoze) ve bitki 8-10 yaprak olduğunda saf olarak 16 kg/da N üst gübre (üre) uygulanmıştır. Hasat birinci yıl 30.10.1999, ikinci yıl 05.11.2000 tarihlerinde her parselin ortasındaki iki sırada bulunan koçanlar elle toplanarak yapılmıştır. Hasat edilen koçanlar tanelenerek tartılmak suretiyle parsel verimi bulunmuş ve dekara çevrilmiştir. Elde edilen dane verimleri %15 dane nem düzeyine göre düzeltilmiş ve istatistiksel analizler düzeltilmiş verimlere göre yapılmıştır. Elde edilen verilerin varyans analizleri TARIST istatistik programı ile yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi ile değerlendirilmiştir (Yurtsever, 1984).

Bitki su tüketiminin hesaplanmasında James (1993) tarafından verilen nem denge yöntemi kullanılmıştır:

$$ET = I + P - R - Dp \pm \Delta s$$

Eşitlikte; ET=bitki su tüketimi, I= sulama suyu, P=yağış, R=yüzey akış, Dp=derine sızma ve Δs =kök bölgesi toprak nem içeriğindeki değişim.

Mevsimlik oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkinin ve k_y verim faktörünün belirlenmesinde aşağıdaki model esas alınmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979):

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

Eşitlikte; Y_a =gerçek verim (kg/da), Y_m =maksimum verim (kg/da), $(1 - Y_a/Y_m)$ = oransal verim düşüşü, ET_a = gerçek bitki su tüketimi (mm), ET_m = maksimum bitki su tüketimi (mm), $(1 - ET_a/ET_m)$ = oransal bitki su eksilişi, k_y = verim-tepki etmeni olup evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı ifade etmektedir.

Bitki gelişimi ile ilgili parametreler, parselin ortasında yer alan iki sıradaki toplam 10 bitki üzerinde ölçülmüştür. Bitki boyu ve gövde çapı ile ilgili ölçümler,

toprak üstü vejetatif gelişimin en yoğun olduğu koçan püskülü oluşumundan 10 gün sonra yapılmıştır. Yaprak alan indeksi (YAI) ölçümlerine ise ekimden bir ay sonra başlanılmış ve hasat tarihinden yaklaşık bir ay önce son verilmiştir. Yaprak alan indeksi, bitki toplam yaprak alanının bitki taç izdüşümü alanına oranı şeklinde ifade edilmiştir (Yang ve ark., 1990). Toplam bitki yaprak alanı, toprak seviyesinde her bir uygulamadan iki adet bitkinin toprak seviyesinde kesildikten sonra yaprak alanlarının ölçülmesi ile tespit edilmiştir. Bu amaçla portatif bir yaprak ölçüm aleti (CI-202 CID, Inc., USA) kullanılmıştır. Toprak üstü kuru madde miktarı toprak seviyesinde kesilen tüm bitki kısımlarının küçük parçalar halinde etüvde 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurularak tartılması ile bulunmuştur. Toplam su kullanım randımanı (TSKR) ve sulama suyu kullanım randımanı (SSKR) için Howell ve ark. (1990) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır. TSKR; dekardan elde edilen ürün miktarının bitki su tüketimine bölünmesinden, SSKR; dekardan elde edilen ürün miktarının sulama suyu miktarına bölünmesinden elde edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki Gelişimi

Genellikle suyun fazla uygulandığı konularda her iki yılda da daha yüksek bitki boyu, gövde çapı ve kuru madde miktarı bulunmuştur (Tablo 2). Denemenin ilk yılında, 159-171 cm, ikinci yılında ise 169-181 cm arasında bitki boyu ölçülmüştür. Her iki yılda da bitki boyu bakımından K ve S₁ uygulamaları arasında önemli bir farklılık bulunamazken diğer konular arasında % 5 düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır. Gövde çapında da bitki boyuna benzer sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek gövde çapı kontrol konusunda 2.90-2.95 cm arasında, en düşük gövde çapı ise en az su verilen S₄ konusunda 2.22-2.44 cm arasında ölçülmüştür. Bitki boyuna ve gövde çapına ilişkin sonuçlar daha önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir. Kang ve ark. (2000a), mısır bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmada, verilen su miktarıyla doğru orantılı olarak bitki boyu ve gövde çapında değişiklik olduğunu, kısıntılı su uygulanan konularda bitki boyu ve gövde çapının normal sulanan konulara göre daha az olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 2. Kısıtlı sulamanın mısır bitkisinde toplam kuru madde miktarı (TKMM), bitki boyu (BB) ve gövde çapına (GÇ) etkisi

Sulama konuları	1999			2000		
	TKMM (kg/da)	BB (cm)	GÇ (cm)	TKMM (kg/da)	BB (cm)	GÇ (cm)
K	1141.85 a ¹	171.1 a	2.90 a	1255.45 a	180.6 a	2.95 a
S ₁	1111.55 a	169.4 a	2.88 a	1209.65 b	179.3 a	2.91 a
S ₂	971.45 b	167.5 b	2.80 b	1185.50 c	175.9 b	2.84 b
S ₃	938.80 c	163.8 c	2.65 c	1100.54 d	172.1 c	2.75 c
S ₄	889.78 d	159.4 d	2.22 d	1005.89 e	169.2 d	2.44 d

¹Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemli değildir (p<0.05).

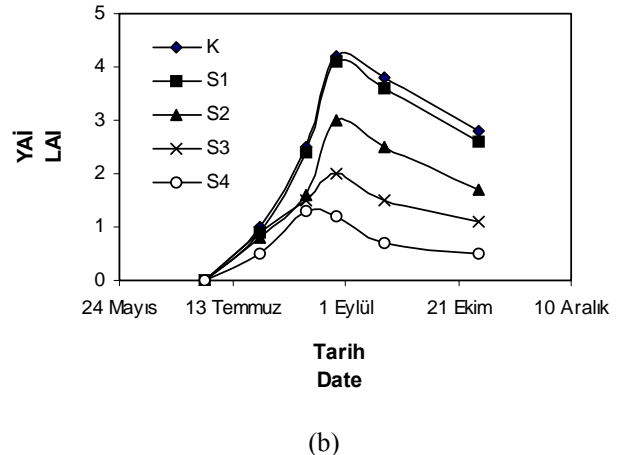
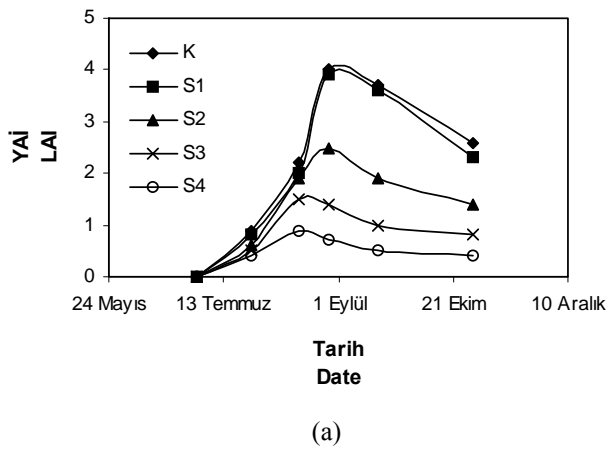
Yaprak alan indeksi, her iki yılda da K uygulamasında en yüksek çıkmıştır. K uygulamasına ait YAI değerleri 1999 yılında 2.9-4.0, 2000 yılında ise 3.1-4.2 arasında değişmiştir. Yaprak alan indeksinin büyüme mevsimi boyunca olan değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Yaprak alan indeksi ile bitki su tüketimi arasında yakın bir doğrusal ilişkinin olduğu gözlenmiştir. Regrasyon analizi sonucunda 1999 yılı için $ET = 125.45 LAI + 65.9$ ($R^2 = 0.93$) ve 2000 yılı için ise $ET = 190.55 LAI + 275.6$ ($R^2 = 0.97$) ilişkisi elde edilmiştir. Sonuçlar, yaprak alan indeksinin sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimine bağlı olarak arttığını göstermiştir. Kısıntılı sulama uygulamalarında maksimum yaprak alanına kontrol konusuna göre yaklaşık 2-3 hafta önce ulaşılmıştır. Su stresinin şiddetine bağlı olarak vejetatif gelişim azalmıştır. Pandey ve ark. (2000), Nijerya'da yaptıkları bir mısır denemesinde maksimum YAI değerini 2.66-3.39 olarak belirlemişler ve yüksek ET değerinde daha yüksek YAI değeri elde etmişlerdir. Tolk ve ark. (1998), ABD'de lizimetre üzerinde yaptıkları mısır denemesinde maksimum YAI değerini 1.82-2.08 arasında belirlemişler ve toprak tipinin YAI üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Kang ve ark. (1998), Çin'de yaptıkları mısır denemesinde bitki su tüketimi ile YAI değerleri arasında yakın bir korelasyon olduğunu ve ET'yi artıran etmenlerin YAI değerini de artırdığını belirtmişlerdir. Tolk ve ark. (1998), yaprak gelişiminin yavaşlamasının bitki su tüketimini olumsuz yönde etkilediğini ve ET değerindeki düşüklüğün YAI değerindeki küçüklüğe de bağlanabileceğini belirtmişlerdir.

En yüksek toplam kuru madde miktarı, her iki yılda da sulama suyunun en fazla uygulandığı K uygulamasında sırasıyla 1141.85 ve 1255.45 kg/da olarak elde edilmiştir. En az kuru madde miktarı ise iki yılda da S₄ konusunda sırasıyla 889.78 ve 1005.89 kg/da ölçülmüştür. İstatistiksel analiz sonuçları her iki yılda da tüm sulama konularında kuru madde miktarı bakımından

% 5 önem seviyesinde farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada kuru madde miktarı bakımından elde edilen sonuçlar önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Kang ve ark. (2000a), Çin'de yüzey sulama sisteminin kullanıldığı bir çalışmada, mısır bitkisinin kuru madde miktarını 1334-1763 kg/da olarak belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar su stresinin kuru madde üretimini etkilediğini ve yüksek ET değerinde kuru madde miktarının da arttığını açıklamışlardır. Yazar ve ark. (1999), kuru madde miktarının verilen su seviyesine paralel olarak değiştiğini ve en yüksek kuru madde miktarının eksilen suyun %100'ünün sağlandığı kontrol uygulamasından (1986 kg/da) elde edildiğini bildirmişlerdir.

Su Uygulama Randımanları

Deneme konularına göre verilen su miktarı, bitki su tüketimi değerleri ve tane verimleri Tablo 3, sulama randımanları ise Tablo 4'de verilmiştir. Denemenin her iki yılında da en yüksek TSKR, S₂ konusunda sırasıyla 1.22 ve 1.23 kg/da/mm olarak bulunmuştur. En küçük değerler ise denemenin her iki yılında da K uygulamasında 0.98 kg/da/mm olarak belirlenmiştir. En yüksek SSKR, her iki yılda da S₄ konusunda sırasıyla 2.35 ve 2.38 kg/da/mm olarak, en düşük değerler her iki yılda da K uygulamasında sırasıyla 1.07 ve 1.09 kg/da/mm olarak belirlenmiştir. Her iki yılda da sulama suyu veya bitki su tüketiminin az ve buna bağlı olarak da verim değerlerinin azaldığı konularda, SSKR değerleri giderek yükselmiştir. Nispeten su tüketiminin düşük buna karşın verimin yüksek olduğu S₂ konusunda TSKR değeri her iki yılda da en yüksek çıkmıştır. Her iki yılda da sulama suyunun az, su tüketiminin nispeten fazla olduğu S₄ konusunda SSKR değeri yüksek çıkmıştır. Yazar ve ark. (1999), SSKR değerini 2.13-3.69 kg/da/mm, TSKR değerini ise 0.97-1.42 kg/da/mm arasında bulmuşlardır. Köksal (1995), Çukurova



Şekil 1. Farklı sulama suyu uygulamalarının mısır bitkisinde YAI gelişimine etkisi. Sırasıyla (a)-1999, (b)- 2000 üretim dönemini göstermektedir.

Tablo 3. Araştırma konularına göre uygulanan sulama suyu (SS, mm) ve bitki su tüketimi (ST, mm) ve dane verimi (kg/da)

Konular	Verim	1999		2000		
		SS	ST	Verim	SS	ST
K	1294.22 a ¹	1215	1320	1405.51 a	1295	1435
S ₁	1216.57 a	975	1082	1363.34 a	1045	1220
S ₂	1125.9 b	735	924	1180.63 b	795	961
S ₃	776.53 c	495	686	983.86 c	545	861
S ₄	600.03 d	255	501	702.76 d	295	645

¹Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemli değildir (p<0.05).

koşullarında mısır bitkisinde TSKR ve SSKR değerlerini sırasıyla 0.87-3.19 kg/da/mm ve 1.38-1.80 kg/da/mm arasında değiştiğini saptamıştır. Aynı ovada Gençoğlan (1996) tarafından yürütülen bir başka çalışmada TSKR ve SSKR değerleri sırasıyla 0.22 ve 1.25 kg/da/mm olarak hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen su kullanım randımanları diğer araştırma bulguları ile benzerlik gösterse de su kullanım randımanının toprak, iklim ve seçilen sulama metodu gibi unsurların etkisi altında değiştiği bir gerçektir.

Tablo 4. Mısır bitkisinde toplam su kullanım randımanı (TSKR, kg/da/mm) ve sulama suyu kullanım randımanları (SSKR, kg/da/mm)

Konular	1999		2000	
	TSKR	SSKR	TSKR	SSKR
K	0.98 d ¹	1.07 d	0.98 d	1.09 e
S ₁	1.12 c	1.25 c	1.12 b	1.31 d
S ₂	1.22 a	1.53 b	1.23 a	1.50 c
S ₃	1.13 c	1.57 b	1.14 b	1.81 b
S ₄	1.19 b	2.35 a	1.09 c	2.38 a

¹Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemli değildir (p<0.05).

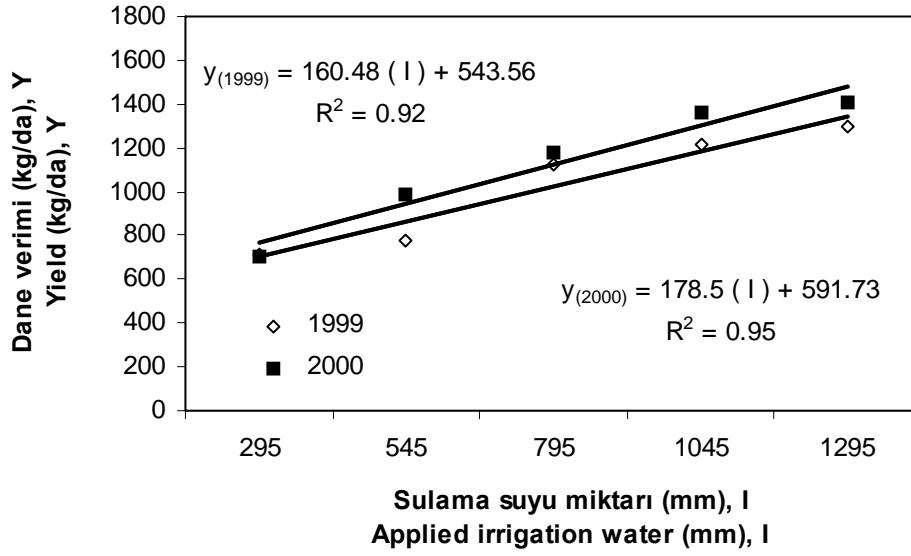
Sulama Suyu-Verim İlişkisi

Araştırmada, konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarı ve elde edilen verim değerlerinden yararlanılarak sulama-verim ilişkisi ile bitki su tüketimi verim ilişkisi regrasyon analizleri ile araştırılmış ve korelasyon katsayısı yüksek olan doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Yapılan regrasyon analizinde sulama suyu (I) ile dane verimi (y) arasında; birinci yıl $y=160.48 I + 543.36$ ($R^2 = 0.92$), ikinci yıl ise $y = 1785 I + 591.73$ ($R^2 = 0.95$) olan bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 2). Dane verimi (y) ile bitki su tüketimi (ET) arasında; birinci yıl $y = 0.7914 ET + 310.67$ ($R^2 = 0.93$), ikinci yıl ise $y = 0.8952 ET + 210.18$ ($R^2 = 0.91$) olan bir ilişki bulunmuştur (Şekil 3). Regrasyon analiz sonuçları sulama suyu ve bitki su tüketimi ile dane verimi arasında

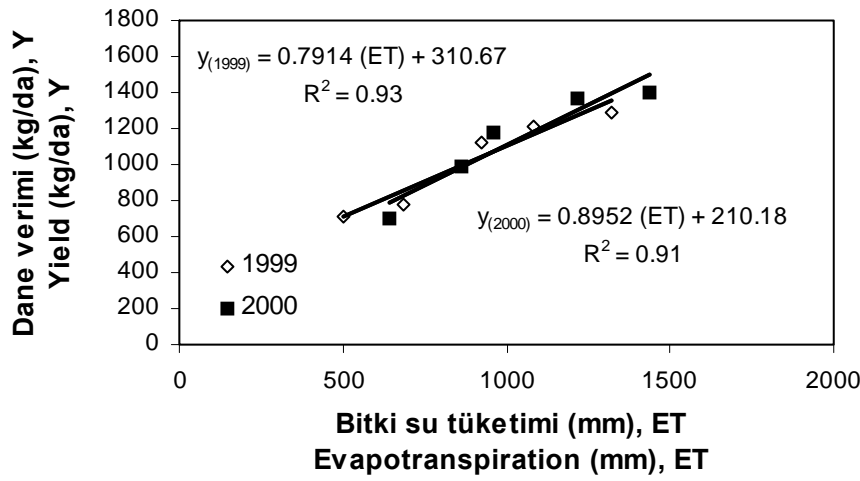
her iki yılda da kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Tablo 3'den izleneceği gibi kontrol parselden 1999 yılında 1294 kg/da, 2000 yılında ise 1405 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Kontrol parselden elde edilen tane verimi ile kontrol parseline göre daha az sulama suyu uygulanan S₁ konusu tane verimi arasında fark bulunmamıştır. Ancak uygulanan sulama suyundaki azalışa paralel olarak S₂, S₃, ve S₄ uygulamalarında tane verimi önemli ölçüde azalmıştır. Deneme sonucu elde edilen tane verim değerleri bölgede yapılan önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, verim değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu kullanılan mısır çeşidi, toprak-iklim koşullarındaki farklılıklar ve sulama sisteminden kaynaklanabilir.

Diğer yandan verim-tepki etmeninin (k_y) bulunması için kontrol parseline oranla az su uygulanan konuların su tüketimleri ve verim değerleri göz önüne alınarak oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalması değerleri hesaplanmıştır (Tablo 5). Toplam büyüme mevsimi için oransal verim azalması ile oransal su tüketimi açığı arasındaki ilişki Şekil 4'de verilmiştir. Şekilden de izleneceği gibi verim-tepki etmeni (k_y) toplam büyüme mevsimi için ilk yıl 0.77, ikinci yıl ise 0.81 olarak bulunmuştur. Mısır bitkisinin toplam büyüme mevsimi için verim tepki etmeni Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından 1.25, Yıldırım ve ark. (1996) tarafından 0.97, Kanber ve ark. (1990) tarafından 0.98, Köksal (1995) tarafından ise 0.85 olarak saptanmıştır. Araştırma sonucunda bulunan k_y değerinin diğer araştırmacıların sonuçlarından farklı olması iklim-toprak özellikleri, uygulanan sulama programı, sulamada doyurulan toprak derinliği gibi farklılıklardan kaynaklandığı söylenebilir. Tablo 5'den anlaşılacağı üzere 1999 ve 2000 yıllarında, sırasıyla % 39.5 ve % 38.6 (ortalama % 39) sulama suyu tasarrufu sağlanan S₂ konusunda verim azalması % 13 ve % 16 (ortalama % 14.5); % 59.2 ve % 57.9 (ortalama % 58.6) sulama suyu tasarrufu sağlanan S₃ konusunda ise verim azalması % 40 ve % 30 (ortalama % 35) olmuştur.



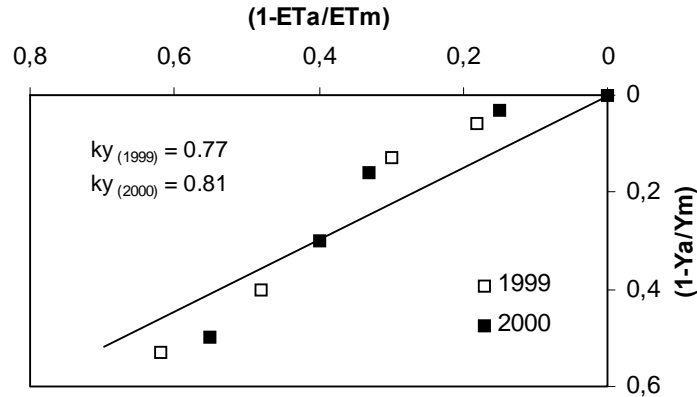
Şekil 2. Sulama suyu - verim ilişkisi



Şekil 3. Bitki su tüketimi - verim ilişkisi

Tablo 5. Kontrol parseline göre daha az su uygulanan konulara ait oransal su tüketimi açığı ve oransal verim azalması değerleri

Konular		K	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
1999	ET _a (mm)	1320	1082	924	686	501
	Y _a (kg/da)	1294.22	1216.57	1125.9	776.53	600.03
	{1-(ET _a /ET _m)}	0.00	0.18	0.3	0.48	0.62
	{1-(Y _a /Y _m)}	0.00	0.06	0.13	0.4	0.53
2000	ET _a (mm)	1435	1220	961	861	645
	Y _a (kg/da)	1405.51	1363.34	1180.63	983.86	702.76
	{1-(ET _a /ET _m)}	0.00	0.15	0.33	0.4	0.55
	{1-(Y _a /Y _m)}	0.00	0.03	0.16	0.3	0.5



Şekil 4. Mısırın mevsimlik su-verim etmeni

Sonuç olarak, uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça tane veriminde artış olmaktadır. Suyun kısıntılı olduğu S_2 koşullarında % 40 oranında bir su tasarrufu sağlanırken verimde %15'lik bir azalma olmuştur. Bölgede toplam yıllık yağışın düşük olduğu dikkate alınır, kullanılabilir suyun %100'ünden daha az su alan sulama konuları, tuz dengesi için gerekli olan yıkamayı sağlamayabilir. Bu nedenle kısıntılı sulama uygulamalarında yıkama suyu ihtiyacına dikkat edilmelidir. Araştırmada, bitki gelişimi (özellikle YAİ) ile sulama suyu ve ET arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir. Kısıntılı sulama mısır bitkisinin vejetatif gelişimini ve özellikle yaprak alanını azaltmakta böylece transpirasyonu düşürmeye yönelmektedir. Suyun kısıtlı olduğu koşullarda yapılacak olan su kısıntısına karşılık verimde meydana gelecek olan azalma miktarının belirlenmesinde araştırma sonucunda elde edilen su-verim ilişkilerinden faydalanılabilir. Suyun kontrol parseline göre % 60 ve % 40 oranında kısıtlandığı (S_3 ve S_4) konularında incelenen tüm bitki gelişim parametreleri K konusuna göre istatistiksel açıdan önemli düzeyde düşüşler göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Braunworth, W.S., Mack, H.J., 1989. Crop-Water Production for Sweet Corn. Journal of American Society of Horticultural Science, 114 (2):210-215.
- Çetin, Ö., 1996. Harran Ovası Koşullarında İkinci Ürün Mısırın Su Gereksinimi. Köy hizmetleri Araş. Ens. Müd. Yayınları 90/63, Şanlıurfa.
- Değirmenci, V., Gündüz, M., Kara, C., 1998. GAP Bölgesi Harran Ovası Koşullarında II. Ürün Mısırın Su Verim İlişkisi. Köy hizmetleri Araş. Ens. Müd. Yayınları 108, Şanlıurfa.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield Response to Water. FAO, irrigation and drainage paper no:33, Rome, 193.
- Ertok, A., Kanber, R., 2000. Pamukta Uygun Sulama Dozu ve Aralığının Pan-Evaporasyon Yöntemiyle Belirlenmesi. Tr J. Agriculture and Forestry, 24:293-300.
- Gençoğlan, C., 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı İle Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CEREZ-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi. Ç.Ü.Fen Bilimleri Ens. Doktora tezi, Adana, 185 s.
- Howell, T.A., Cuenca, H.A., Solomon, K.H., 1990. Crop Yield Response: Management of Farm Irrigation Systems (Ed. Hoffman et al.,) ASAE, 311-312.

- James, L.G., 1993. Principles of Farm Irrigation System Design. Krieger publishing company, p. 543, Florida-USA.
- Kanber, R., Yazar, A., Eylen, M., 1990. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su-Verim İlişkisi. Tarsus Bölge Topraksu Arş. Ens. yayın no:173/108, Tarsus, 93 s.
- Kang, S., Liang, Z., Hu, W., Zhang, J., 1998. Water Use Efficiency of Controlled Alternate Irrigation on Root-Divided Maize Plants. Agricultural water management, 38:69-76.
- Kang, S., Liang, Z., Pan, Y., Shi, P., Zhang, J., 2000a. Soil Water Distribution, Uniformity and Water-Use Efficiency Under Alternate Furrow Irrigation in Arid Areas. Irrigation Science, 19:181-190.
- 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 Ens. Doktora tezi, Adana, 199 s.
- Köksal, H., Tari, A.F., Çakır, R., Kanber, R., Ünlü, M., 2001. Su-Verim İlişkileri. Köy hizmetleri araştırma ana projesi, 435-1, Konya, 87 s.
- Loomis, R.S., Willams, W.A., 1963. Maximum Crop Productivity: An Estimate. Crop Science 3:67-72.
- Pandey, R.K., Maranville, J.W., Chetima, M.M., 2000. Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Environment II. Shoot Growth, Nitrogen Uptake and Water Extraction. Agricultural Water Management, 46:15-27.
- Sammis, T., Smeal, D., Willams, S., 1988. Predicting Corn Yield Under Limited Irrigation Using Plant Height. Transactions of ASAE, 3(13):830-838.
- Stegman, E.C., 1986. Efficient Irrigation Timing Methods For Corn Production. Transactions of the ASAE, 29(1):203-210.
- Tolk, J.A., Howell, T.A., Evett, S.R., 1998. Evapotranspiration and Yield of Corn Grown on Three High Plains Soils. Agronomy Journal, 90(4):447-454.
- Yang, X., Short, T.H., Fox, R.D., Bauerle, W.L., 1990. Plant Architectural Parameters of a Greenhouse Cucumber Crop. Agricultural and Forest Meteorology 51, 197-209.
- Yazar, A., Howell, T.A., Dusek, D.A., Copeland, K.S., 1999. Evaluation of Crop Water Stress Index For LEPA Irrigated Corn. Irrigation Science, 18:171-180.
- Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, F., Yıldırım, Y.E., Öztürk, A., 1996. Yeterli ve Kısıtlı Sulama Suyu Koşullarında Mısır Verimi. Tr. J. Agriculture and Forestry, 20(4):283-288.
- Yıldırım, Y.E., Kodal, S., 1998. Ankara Koşullarında Sulamanın Mısır Verimine Etkisi. Tr. J. Agriculture and Forestry, 22:65-70.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar. Köy hizmetleri toprak ve gübre araştırma enstitüsü, genel yayın no:1221, Ankara, s 623.