



www.ziraat.selcuk.edu.tr/dergi

Selçuk Üniversitesi
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
23 (49): (2009) 74-80
ISSN: 1309-0550



KISINTILI - DAMLA SULAMANIN MISIR VERİMİNE VE SU KULLANIMINA ETKİSİ

Ramazan TOPAK^{1,2}

Sinan SÜHERİ¹

Bilal ACAR¹

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya/Türkiye

(Geliş Tarihi: 30.04.2009, Kabul Tarihi:28.05.2009)

ÖZET

Konya Ovası koşullarında, damla sulama yöntemi ile sulanan mısırın verim ve su kullanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada, bitkiye, tükettiği su miktarının %100 (S₁)'ü, %75 (S₂)'i ve %50 (S₃)'ünün karşılandığı üç farklı sulama programı uygulanmıştır. Sulama uygulamaları, sulama ihtiyacının tam karşılandığı (S₁) konunun, bitki kök bölgesi faydalı su kapasitesinin %50-55'i tüketilince tekrarlanmıştır. Araştırmada, bitki kök bölgesi derinliğinden eksilen nemin tamamının verildiği S₁ konusuna 2005 yılında 13, 2006 yılında ise 12 kez olmak üzere, sırasıyla toplam 839 ve 793 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sözü edilen bu konunun su tüketimi birinci yıl 923 mm, ikinci yıl ise 859 mm olarak belirlenmiştir. Anılan deneme konusunda dane verimi 2005 yılında 13477 kg/ha; 2006 yılında ise 13295 kg/ha olmuştur. S₁ deneme konusuna göre % 25 su kısıntı uygulanan S₂ konusundan alınan verim istatistiksel olarak S₁ konusundan farklı çıkmamıştır. Bu düzeyden sonra yapılan %50 su kısıntısı verimde önemli azalmalara neden olmuştur. Dane verimi ile sulama suyu ve su tüketim miktarları arasında %1 önem düzeyinde sırasıyla ikinci dereceden ilişkiler bulunmuştur. Çalışmada verim etmeni (k_y) ilk yıl 0.93, ikinci yıl ise 1.08 olarak saptanmıştır. Konulara göre sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), 1.45–2.0 kg/m³; su kullanım randımanı (WUE) ise 1.34 ile 1.83 kg/m³ arasında değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, kısıntılı damla sulama, dane verimi, su kullanım randımanı (WUE)

THE EFFECT OF DEFICIT DRIP IRRIGATION ON MAIZE YIELD AND WATER USE

ABSTRACT

This study was carried out to determine the grain yield and water-use efficiency of maize deficit irrigated with drip irrigation under Konya plain conditions and different irrigation programs was applied such as 100 % (S₁), 75% (S₂) and 50% (S₃) replenishment of water depleted. Irrigation was applied when approximately 50-55% of the available soil moisture was consumed in the root zone at the control treatments (S₁). In the experiment, corn was irrigated 13 and 12 times in 2005 and 2006, respectively, and a total of 839 mm to 793 mm or irrigation water were applied to S₁ irrigation treatment, in which water use was determined as 923 mm and 859 mm in 2005 and 2006, respectively. Grain yield obtained from the S₁ treatment, 13477 kg/ha in the first year and 13295 kg/ha in the second year of the experiment. Yield obtained from the S₂ treatment, which received 25% less water as compared with S₁, was not significantly different from the full irrigation treatment. Beyond the S₂ level, deficit water application resulted in significant yield reduction by affecting both seed mass and kernels per ear. Significant second power relationships were found between grain yield and seasonal irrigation, and grain yield and water use, respectively. In the first and second year of the experiment, the yield response factor (k_y) was determined as 0.93 and 1.08, respectively. Irrigation water use efficiency (IWUE) and water use efficiency (WUE) were found to be between 1.45–2.0 kg/m³ and 1.34 - 1.83 kg/m³, respectively for the treatments studied.

Keywords: Maize, deficit drip irrigation, grain yield, water use efficiency

GİRİŞ

Tarımsal üretimde, yetiştirme sezonu boyunca bitki kök bölgesinde yeterli seviyede nemin bulunması bitki gelişimi, verimi ve ürün kalitesi açısından son derece önemlidir. Bu nemi sağlayan kaynaklardan ilki doğal yağışlardır. Kurak ve yarı-kurak bölgelerde bitkisel üretim sezonu boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmaktadır ve bitki su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Dolayısı ile eksik nem sulama ile karşılanmaktadır.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama suyuna ve pahalı su kaynaklarına olan talep arttıkça verim ile sulama suyu arasındaki ilişkiyi ortaya koyan optimum

sulama işletmeciliğini belirlemede kullanılan su-üretim fonksiyonlarına gereksinim de artmaktadır (Russo ve Bakker,1987). Su-üretim fonksiyonları, planlayıcılar tarafından seçeneksel su dağıtımı ile ilgili kararların ekonomik sonuçlarının kestiriminde de kullanılmaktadır. Öte yandan, su üretim fonksiyonları, sulama sistemlerini kapasiteleri, sulama programları ve su kullanım randımanlarının yorumlanması konularında da önemli ipuçları vermektedir (Sammis,1981). Anılan fonksiyonlar, bitkilerin su gereksinimlerinin, bitki büyüme modellerinin, su kullanım randımanlarının ve sulama programlarının değerlendirilmesi ile su dağıtım işlemlerinin yapılması yanında sulama sistemlerinin planlanmasında,

²Sorumlu Yazar: rtopak@selcuk.edu.tr

işletilmesinde ve ekonomik analizlerinde de kullanılmaktadır (Howell ve Musick, 1985).

Kuraklık dünyada tarımsal üretimi sınırlandırabilecek en yaygın çevresel sorunların başında gelmektedir. Özellikle yağışın çok az olması veya hiç olmaması, son yıllarda sık sık kuraklık olaylarıyla karşılaşılması, özellikle toplam tatlı su kaynaklarının %70'i gibi büyük bir kısmının tek kullanıcısı olan tarımda (Gerbens-Leenes ve Nonhebel, 2004) suyun akılcı kullanımı konusunu gündeme getirmektedir. Üstelik kullanılabilir su kaynakları giderek azalma göstermektedir (Shahnazari ve ark.,2007). Halihazırda dünya nüfusunun % 40'ından fazlasının yaşadığı yaklaşık 80 ülkede su kaynakları kısıtlıdır (Qadir ve ark.,2003). Kurak ve yarı-kurak alanlarda başarılı bir tarımsal üretim için sulama hayati derecede önemli bir unsurdur. Bununla birlikte, küresel iklim değişikliği ve çevre kirliliğinin bir sonucu olarak, pek çok ülkede tarımsal amaçlı su kullanımı azaltılmaya çalışılmaktadır. Bunun içinde başta kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin geliştirilmesi ve sulama suyunun daha az kullanıldığı yeni sulama tekniklerinin geliştirilmesi gibi konularda araştırmalar hızla devam etmektedir. Su kullanımının azaltılmasına ve su kullanım randımanının iyileştirilmesi yöresel, ülkesel, bölgesel ve küresel seviyede sürdürülebilir tarımın gelişmesi için vazgeçilemeyecek bir zorunluluktur. Son zamanlardaki araştırma sonuçları kısıtlı sulama tekniklerinin tarımsal su kullanımını azaltma ve sulama suyu kullanma randımanını iyileştirme potansiyeli olan sulama teknikleri olduğunu göstermiştir (Stikic ve ark., 2003).

Türkiye'nin tarım yapılabilir arazilerin yaklaşık %10'u Konya ovasından oluşmaktadır (Topak ve ark., 2008). Konya ovası kapalı bir havzada yer almakta ve havzada yarı kurak iklim hüküm sürmektedir. Ovanın büyük bir kısmında ortalama yıllık yağış 300-350 mm civarında seyretmektedir. Bu yağışında ancak %30-35 bitki yetişme döneminde düşmektedir. Bu durumda sulamasız bitkisel üretim gerçekleştirmek hemen hemen imkansız gibidir. Dolayısı ile Konya ovasında sulama vazgeçilemez bir zorunluluktur. Buna karşın havzanın su kaynakları ise oldukça kısıtlıdır. Kısıtlı olan su kaynaklarının tarımda etkin kullanımı şarttır.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki yetişme döneminde kuraklık nedeniyle gerekli suyun sağlanması mümkün olmamaktadır. Özellikle yağışın çok az veya hiç olmaması, son yıllarda sık sık kuraklık olaylarıyla karşılaşılması, su kaynaklarının çok iyi kullanılması konusunu gündeme getirmektedir. Kurak dönemlerde su eksikliği nedeniyle ürün kaybını en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için optimum su uygulama programları geliştirilmeye çalışılmaktadır. Burada amaç, suyun ne zaman, ne kadar ve nasıl uygulanacağını bilmesidir.

Bitki gelişmesi ile ilgili olarak bitki su tüketimi ve toprak-su idaresinin etkilerine ilişkin bilgiler sulama sistemlerinin planlanmasına, idaresine, geri ödeme projelerinin (yapılabilirlik, fizibilite) çalışmalarına, bitki yetiştiriciliği açısından sulu tarımda sulama bilgilerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Gerçekten de, sulu tarım su kullanma (evapotranspirasyon ve drenaj) ile bitki gelişme arasındaki kuvvetli ilişki üzerine yerleşmiştir. Bununla beraber bu ilişkilerin oldukça karmaşık olduğu, toprak verimliliği, iklim gibi çok ögeli etmenlerle ilişkili olduğu göz ardı edilmemelidir (Kanber ve ark.,1990).

Toprak nem içeriğine dayanarak yapılan sulama programları her ne kadar güncelliğini koruyorsa da, karşı karşıya kaldığımız sorunlar, su kaynaklarımızı daha ekonomik kullanmamız gerektiğini göstermektedir. Özellikle kullanılabilir su kaynaklarının çok önemli bir kısmının tarımsal üretimde kullanıldığı günümüzde, daha geniş alanların sulamaya açılabilmesi için tarımsal ürünlerin yetiştirilmesinde titiz çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalardan en önemlilerinden biri de su-verim ilişkileri konusundaki çalışmalardır (Kanber ve ark,1990). Bu amaçla bitkide yetişme dönemi boyunca farklı seviyelerde oluşturulan su stresinin ne kadar verim düşmesine neden olduğu, optimum verim alınabilmesi için bilinen sulama esaslarının nasıl ve hangi düzeyde değiştirilebileceğinin bilinmesi gerekmektedir.

Konya ovası koşullarında yürütülen bu çalışma ile damla sulama yöntemiyle uygulanan kısıtlı sulama uygulamalarının mısır bitkisinin verim ve verim unsurları ile su kullanım randımanına etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Konya Toprak ve Su kaynakları Araştırma Enstitüsü deneme alanında 2005 ve 2006 yıllarında yürütülmüştür. Deneme alanının denizden ortalama yüksekliği 1020 m'dir. Konya, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve nispeten yağışlı olup, karasal iklimin etkisi altındadır. Uzun yıllar iklim verilerine göre (Anonymous, 2006), yıllık 323 mm'lik yağışın, yaklaşık %70'i sonbahar ve kış mevsiminde geri kalan %30'u ise ilkbaharda düşmektedir. Bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 11.4 °C, bağıl nemi % 58, rüzgar hızı 2.2 m/s'dir. Denemenin yürütüldüğü 2005 ve 2006 yılları ile uzun yıllara ilişkin bazı iklim elemanlarının ortalama değerleri Tablo 1' de özetlenmiştir.

Araştırma alanı toprakları genellikle killi bünyeye sahiptir. Tuzluluk, sodyumluluk ve taban suyu gibi sorunlar bulunmamaktadır. Deneme alanı topraklarının bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2' de verilmiştir. Deneme parsellerinin sulanması için gerekli olan sulama suyu, enstitüde bulunan kuyulardan sağlanmıştır.

Bu araştırmada, Konya ovasında tarımı yaygın olarak yapılan FAO 500 grubuna giren dane üretim amaçlı Bora at dişi hibrit mısır deneme materyali olarak kullanılmıştır. Deneme alanı sonbaharda derin sürülmüş ve kışı böyle geçirmiştir. Ekim öncesinde tarla yüzeyi düzeltilerek tohum yatağı hazırlığı yapılmıştır. Hazırlanan

deneme parsellerine tohum ekimi pnömatik mibzerle sıra arası 70 cm olacak şekilde birinci yılda 10 Mayıs'ta, 2006 yılında ise elle sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm olacak şekilde 7 Mayıs'ta ekim yapılmıştır. Deneme parsellerinin uzunluğu 8 m, genişliği 2.80 m olacak şekilde düzenlenmiştir.

Tablo 1. Denemenin Yürütüldüğü Yıllar ve Uzun Yıllık İklim Verileri

Yıl	Aylar													
	Meteorolojik veriler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
2005	Sıcaklık (C)	2.5	1.8	6.8	10.8	16.0	20.2	25.3	24.7	17.8	10.6	4.9	1.5	-
	Nisbi nem(%)	74.1	69.2	61.3	59.6	51.9	48.6	49.1	47.9	60.6	71.5	76.4	76.6	-
	Yağış (mm)	29.5	12.9	13.8	31.8	12.5	3.5	12.2	0.1	20.9	34.7	68.8	9.8	253,5
	Rüzgar hızı(m/s)	2.1	2.8	3.0	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	1.9	1.6	2.1	1.4	-
	Buharlaşma(mm)	-	-	-	110.9	178.8	210.7	296.2	272.1	157.9	91.4	-	-	-
2006	Sıcaklık (C)	-2.9	1.2	7.1	12.2	16.2	22.0	23.2	26.8	18.2	13.4	4.7	-0.2	-
	Nisbi nem(%)	80.2	77.2	70.2	61.6	59.2	43.4	45.1	39.9	55.0	68.8	74.8	71.6	-
	Yağış (mm)	21.2	23.8	18.4	53.4	17.9	9.9	0.3	0.0	20.0	66.1	51.9	0.1	283,0
	Rüzgar hızı(m/s)	1.8	1.8	2.1	1.7	1.5	2.1	2.2	1.9	1.9	1.4	1.2	1.3	-
	Buharlaşma(mm)	-	-	-	117.8	168.6	244.7	270.2	300.9	168.0	93.8	6.4	-	-
Uzun yıllar (1975-2005)	Sıcaklık (C)	-0.3	1.0	5.4	10.9	15.6	20.1	23.5	22.9	18.6	12.4	5.7	1.4	11.4
	Nisbi nem(%)	76	70	62	58	55	47	42	43	46	59	70	77	58
	Yağış (mm)	34.8	24.1	26.5	39.5	43.5	21.9	7.9	5.5	10.	32.4	36.1	41.4	323.6
	Rüzgar hızı(m/s)	2.0	2.5	2.7	2.7	2.2	2.3	2.6	2.3	1.8	1.7	2.0	2.1	2.2
	Buharlaşma(mm)	-	-	-	94.9	161.5	216.5	277	255.7	183.9	107.2	24.4	3.1	1324.2

Tablo 2. Deneme Yeri Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak derinliği (cm)	Bünye	PH	EC (µS/cm)	Kireç (%)	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
0-25	C	7.62	153	16,56	1.38	31.01	18.79
25-50	C	7.50	151	17,25	1.40	31.28	19.53
50-75	C	7.56	143	17,25	1.41	32.41	19.55
75-100	C	7.54	140	17,60	1.45	30.86	19.72

Konulara, dekara toplam 20 kg saf azot (N) ve 9 kg saf fosfor (P₂O₅) olacak şekilde gübre uygulaması yapılmıştır. Azotlu gübrenin 4 kg'ı ile fosforlu gübrenin tamamı ekimle birlikte uygulanmıştır. Azotlu gübrenin geri kalanı ise Haziran ayında üre formunda sulama suyu ile birlikte uygulanmıştır. Koçan yapraklarının sarardığı, koçan püsküllerinin kuruduğu, koçanların sarktığı ve danelerin sertleştiği ve dane neminin %30'un altına düştüğü dönemde elle hasat yapılmıştır. Hasatta, parsellerin iki tarafından birer sırası ile her sıranın baştan ve sondan birer metrelik kısmı değerlendirme dışı bırakılarak, ortadaki iki sıradan meydana gelen hasat parseli oluşturulmuştur. Her hasat parseli içinde verim unsurlarının belirlenmesi amacıyla her parselden belirlenerek etiketlenen 5 bitkinin koçanları ayrı torbalanmak üzere parseller elle hasat edilmiştir. Her parselin koçanları belli bir süre kurumaya bırakılmış, daha sonra elektrikle çalışan küçük tip harman makinası ile danelenmiş ve dane verimleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Verim unsurlarının belirlenmesi amacıyla her parselden alınan 5 bitkiye ait koçanlar elle danelenmiş ve gerekli ölçmeler yapılmıştır.

Araştırmada, 3 farklı sulama programı tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada 75 cm'lik bitki kök bölgesi toprağının kul-

lanılabilir su miktarının %50'si tüketilince sulamaların yinelenmesi ve deneme konularının da eksilen nemin belirli oranlarından oluşturulması planlanmıştır. Buna göre deneme konuları;

S_1 = Sulamalara kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'ye düştüğünde başlanan ve 75 cm toprak derinliğindeki mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulanan konu (Tanık konu),

S_2 = S_1 deneme konusunda uygulanan suyun %75' i kadar sulama suyu uygulanan konu,

S_3 = S_1 deneme konusunda uygulanan suyun %50' si kadar sulama suyu uygulanan konu şeklinde oluşturulmuştur.

Deneme parsellerine sulama suyu, damla sulama sistemi ile uygulanmıştır. Sistemde damlatıcı aralığı 0.50 m olarak bulunmuş ve her bitki sırasına bir lateral tertibi yapılmıştır (Keller ve Bliesner 1990; Güngör ve ark.,1996). Sulama suyu deneme parsellerinin başında yer alan sulama kanalından pompa ile alınmıştır. Deneme konularına verilen sulama suyu bir su sayacıdan geçirilerek ölçülmüştür. Ardıl sulamalar, tanık (S_1) konunun 0-75 cm toprak derinliğinin kullanılabilir su kapasitesinin %50-55'i tüketildiğinde yinelenmiştir.

Toprak nemi, 0-100 cm derinlikte her 25 cm' lik toprak katmanı için TDR aracı ile ölçülmüştür. Çalışmaya başlamadan önce mevcut arazi koşullarında cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Üst toprak katmanında söz konusu cihaz ile sağlıklı okumalar yapılamadığından, ilk 25 cm' lik derinlikte nem değişimi bu katmana özel geliştirilmiş TDR P3-probu ile ölçülmüştür.

Mısır bitkisinin farklı deneme konuları altında tükettiği su, Heerman (1985) tarafından belirtilen esaslara göre aşağıda verilen su dengesi yaklaşımıyla, deneme süresince periyot başlangıcı ve bitişleri ile sulama uygulamaları öncesi nem ölçümleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

$$ET = d_1 + P + I - d_2$$

Eşitlikte; ET, bitki su tüketimi (mm), d_1 , periyot başlangıcındaki toprak nemi (mm), P, periyot boyunca ölçülen yağış (mm), I, periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarı (mm) ve d_2 , periyot sonundaki toprak nemi (mm)'dir. Etkili kök bölgesi altında oluşabilecek sızmaları izleyebilmek için su tüketimi ölçümleri 75-100 cm toprak derinliğinde yapılmıştır.

Mısır bitkisinin mevsimlik su-verim ilişkilerinin belirlenmesinde oransal verim azalması ve oransal bitki su tüketimi açığı boyutsuz parametrelerinin kullanıldığı Stewart modeli 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), Y_a/Y_m , oransal verim azalması, k_y , su-verim ilişkisi faktörü, Et_a , gerçek bitki su tüketimi (mm), Et_m , maksimum bitki su tüketimi (mm), Et_a/Et_m , oransal bitki su tüketimidir.

Her bir deneme konusu için su kullanım randımanları (WUE), elde edilen birim alan verimlerinin ölçülen bitki su tüketimine oranı ile hesaplanmıştır. Sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) ise, elde edilen birim alan verimlerinin uygulanan sulama suyu miktarına oranı ile hesaplanmıştır.

Her bir deneme parselinde, koçan başına dane verimi ve bin dane ağırlığı her parselden tesadüfi olarak seçilen beş koçandan belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ile konuların bitki su tüketimleri Tablo 3'de verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi, en yüksek sulama suyu miktarı, kısıntı uygulanmayan S_1 konusuna uygulanmış olup, 2005 yılında 830 ve 2006 yılında 793 mm'dir. Diğer deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ise, yapılan kısıt oranı ile doğru orantılı şekilde değişmiştir. Deneme konularından ölçülen bitki su tüketimleri değerlendirildiğinde, yapılan kısıt oranı ile ters orantılı su tüketimleri ortaya çıkmaktadır. En yüksek mevsimlik bitki su tüketimi 2005 ve 2006 yıllarında sırasıyla 923 ve 859 mm olarak tam sulama (S_1) konusundan elde edilmiştir. İki yıllık ortalama değerler dikkate alındığında, sulama suyunun %25 (S_2) ve %50 (S_3) kısıntılı uygulandığı konularda bitki su tüketimleri, tam sulama konusuna (S_1) göre, sırasıyla %22.3 ve %43.1 oranında azalmıştır. Mısır bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimi değerinin belirlenmesine yönelik ülkemiz ve dünya da yapılan bazı çalışmalarda mısırın su tüketimi 650-1300 mm arasında gözlenmiştir (Musick ve Dusek, 1980; Öğretir, 1993; Çetin, 1996; Howell ve ark., 1997). Yine, Türkiye'de yürütülen bazı çalışmalarda, mısırın mevsimlik bitki su tüketimini; Yıldırım ve ark. (1995), Ankara koşullarında 940 mm; Gençoğlu ve Yazar (1999), Çukurova koşullarında 1025 mm ve Dağdelen ve ark. (2006) tarafından Aydın koşullarında 556 mm olarak ölçülmüştür.

Tablo 3. Konulara uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketim değerleri (mm)

Konular	2005		2006		Ortalama	
	Sulama suyu	Su Tüketimi	Sulama suyu	Su Tüketimi	Sulama suyu	Su Tüketimi
S_1	839	923	793	859	816	891
S_2	654	717	616	666	635	692
S_3	469	511	439	502	454	507

Araştırmada sulama konularından elde edilen en yüksek dane verimi her iki deneme yılında da su ihtiyacının tam karşılandığı konudan elde edilmiş olup, ortalama değeri 13386 kg/ha'dır. En düşük dane verimi ise 7332 kg/ha ile sulama suyunda %50 kısıntı uygulanan konudan (S_3) elde edilmiştir (Tablo 4). Sulama suyunda %25 kısıntı uygulanan diğer deneme konusundan elde edilen dane verimi ise bu iki değer arasında gerçekleşmiş olup, 12321 kg/ha'dır. Sulama konularından elde edilen dane verimlerinin, uygulanan su kısıntılarıyla ters

orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir. Toprak profilindeki eksik nemin tam karşılandığı konuya (S_1) göre %25 (S_2) ve %50 (S_3) su kısıntısı uygulanan deneme konularından elde edilen dane verimlerinde %7.96 ve % 45.2 oranında azalmalar gözlenmiştir (Tablo 5). Ankara koşullarında yapılan diğer bir çalışmada ise, karık sulama yöntemi ile su ihtiyacının tam olarak karşılandığı koşullarda mısır dane verimi ortalama olarak 10850 kg/ha, sulama suyundan %25 ve %50 kısıntı yapılan konulardan ise sırasıyla 10370 ve 8170 kg/ha olarak belirtilmiş-

tir (Yıldırım ve ark. 1995). Yine Aydın koşullarında yapılan bir çalışmada (Dağdelen ve ark.,2006), karık sulama yöntemi ile sulama ihtiyacının %100, %70 ve %50'sinin karşılandığı koşullarda mısır dane verimleri sırasıyla, 11335, 9500 ve 6930 kg/ha olarak elde edilmiş olup ve tam sulamaya göre, sulama suyunda %50 kısıntı uygulaması verimde yaklaşık %40'luk bir azalmaya neden olmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre deneme konularından elde edilen dane verimlerinin istatistik-

sel yönden % 1 düzeyinde farklı olduğu bulunmuştur. Yapılan LSD testi sonucunda, üç farklı grup ortaya çıkmış ve en yüksek grupta S₁ deneme konusu yer alırken, en düşük grupta ise S₃ deneme konusu yer almıştır. Sonuç olarak, uygulanan su kısıntısının % 25'i geçmesi halinde mısır dane veriminin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır.

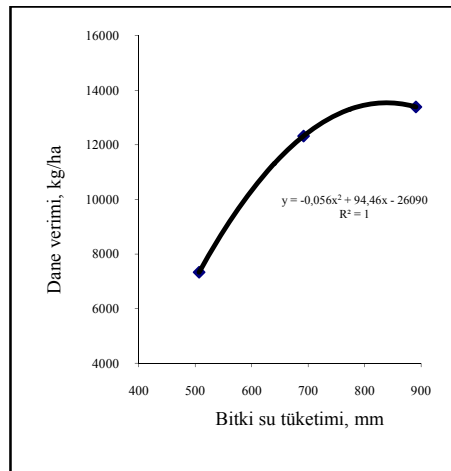
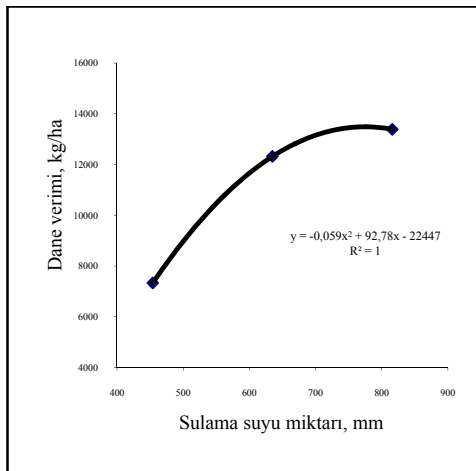
Tablo 4. Tam ve kısıntılı sulama koşullarında verim ve verim unsurları

Konular	2005			2006			Ortalama		
	Dane verimi (kg ha ⁻¹)	Koçan verimi (g koçan ⁻¹)	1000-dane ağırlığı (g)	Dane verimi (kg ha ⁻¹)	Koçan verimi (g koçan ⁻¹)	1000-dane ağırlığı (g)	Dane verimi (kg ha ⁻¹)	Koçan verimi (g koçan ⁻¹)	1000-dane ağırlığı (g)
S ₁	13477 a	247 a	359 a	13295 a	215 a	378	13386 a	231 a	368 a
S ₂	13088 a	214 a	337 a	11553 a	187 a	362	12321 a	202 a	366 a
S ₃	6822 b	151 b	323 b	7841 b	166 ab	339	7332 b	148 b	331b
Konu	**	**	ns	**	*	ns	**	**	**
Yıl							ns	ns	ns

**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, ns:önemsi

Tablo 5. Sulama suyu tasarruf oranlarına karşılık dane verimindeki azalış oranları

Konular	Sulama suyu tasarruf oranı (%)	2005	2006	Ortalama
		Verim azalış oranı (%)	Verim azalış oranı (%)	Verim azalış oranı (%)
S ₁	0.0	0.0	0.0	0.0
S ₂	25	2.89	13.1	7.96
S ₃	50	49.40	41.02	45.22



Şekil 1. Dane verimi ile sulama suyu ve bitki su tüketimi arasındaki ilişki

Çalışma ile mısır bitkisinden elde edilen diğer verim öğeleri incelendiğinde, dikkate alınan parametrelerden, koçan başına dane veriminde, hem yıllar hem de deneme konuları açısından önemli bir fark bulunmamıştır.

Deneme konularından elde edilen mısır dane verimleri ile gerek uygulanan toplam sulama suyu miktarı, gerekse mevsimlik bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, hem uygulanan sulama suyu hem de mevsimlik bitki su tüketimi ile dane verimi arasında ikinci dereceden ilişkiler

olduğu belirlenmiştir. Bayrak (1979), Bafra Ovası; Oylukan ve Güngör (1975), Orta Anadolu; Köksal (1995) ve Gençoğlan ve Yazar (1999) ise Çukurova koşullarında sulama suyu ile dane verimi arasında ikinci dereceden eşitlikler belirlemiştir. Yukarıda anılan araştırmacıların saptadıkları ilişkiler ile bu çalışmada belirlenen ilişkiler açısından benzerlik bulunmaktadır.

Araştırmanın ilk ve ikinci yılında toplam yetişme mevsimi için geliştirilen verim etmeni (k_v) sırasıyla 0.93 ve 1.08 olarak saptanmıştır (Şekil 2). İki yılın verilerinin

birleştirilmesiyle elde edilen genel k_y değeri ise 1.04 olarak bulunmuştur. Sulama planlaması açısından çok önemli ve yetiştirme mevsimindeki su eksikliğinin bitki verimine etki derecesinin bir ölçüsü olan verim etmeni (k_y) değerini Doorenbos ve Kassam (1979), 1.25 olarak vermektedir. Yine mevsimlik k_y değerini Retta ve Hanks (1980), 1.12 ve 1.39, Öğretir (1993) 1.02, Yıldırım ve ark. (1995) 0.94, Gençoğlan ve Yazar (1999) 1.23, Çakır (2004) 1.29 ve Howell ve ark. (1997) ise 1.47 olarak belirlemiştir.

Araştırmada mısır bitkisinin Konya ovası koşullarındaki su kullanma ve sulama suyu kullanma randımanı değerleri tam ve kısıntılı sulama koşullarına göre hesaplanarak Tablo 6'da verilmiştir.

Araştırmada, mısır bitkisinin sulama suyu kullanım randımanları konulara göre, 1.45–2.0 kg/m^3 , su kullanım randımanları ise 1.34–1.83 kg/m^3 arasında değişmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, en yüksek WUE ve IWUE değerleri, sulama suyundan %25 kısıntı uygulanan konudan, en düşüğü ise sulama suyundan %50 kısıntı ön-

Tablo 6. Konuların su kullanma ve sulama suyu kullanma randımanı değerleri (kg/m^3)

Muameleler	2005		2006		Ortalama	
	WUE	IWUE	WUE	IWUE	WUE	IWUE
S ₁	1.46	1.6	1.55	1.68	1.50	1.64
S ₂	1.83	2.0	1.73	1.88	1.78	1.94
S ₃	1.34	1.45	1.56	1.79	1.45	1.61

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, elde edilen tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, Konya ovası koşullarında mısır tarımında sulamanın nedenli önemli olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Ovada ekonomik manada bir dane üretiminin gerçekleştirilebilmesi için hayli yüksek düzeyde sulama suyu uygulanması gerekmektedir. Ovada tarımı yapılan mısır, suluda yetiştirilen buğday ile karşılaştırıldığında, yaklaşık olarak 3.5 kat daha fazla sulama suyuna ihtiyaç göstermektedir. Yüksek seviyede uygulanan ürün destekleri sebebiyle ovada bitki desenine zoraki dahil edilen dane üretim amaçlı mısırın, ovadaki yetiştiriciliğinin durdurulması, ovadaki kısıntılı su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından hayati derecede önemlidir. Günümüz koşullarında, havzada tarımı yapılan mısır, yer altı su kaynaklarından yaklaşık olarak 0.25 milyar $\text{m}^3/\text{yıl}$ su kullanılmasına neden olmaktadır (Topak ve ark., 2008). Havzada, slajlık mısır tarımında da mutlaka kısıntılı sulama uygulamasına geçilmeli ve sulama suyundan en az %50 kısıntı öngören bir sulama programı uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonymous. 2006. Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları, Konya.
- Bayrak, F.1979. Bafra Ovası Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Samsun Bölge Topraksu Araştırma Ensti-

tüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 15. Rapor Yayın No: 13, 30 s, Samsun.

Çakır, R. 2004. Effect of Water stress at difficult development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89, 1-16.

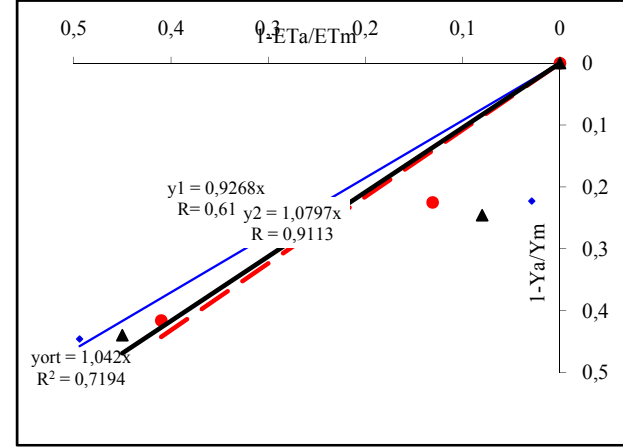
Çetin, Ö. 1996. Harran ovası koşullarında ikinci ürün mısır su tüketimi, Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 90, (1996).

Dagdelen, N., Yılmaz, E., Sezgin, F., Gürbüz, T. 2006. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. Agric. Water Manage. 82, 63–85.

Doorenbos, J., Kassam, A.H. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrig. and Drain. Paper No: 33, 198 p., Rome.

Gençoğlan, C., Yazar, A. 1999. Kısıntılı su uygulamalarının mısır verimine ve su kullanma randımanına etkileri. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23, 233-241.

Gerbens-Leenes, P.W., Nonhebel, S. 2004. Critical water requirements for food, methodology and policy consequences for food security. Food Policy, 29, 547–564.



Şekil 2. Oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi.

- Güngör, Y., Erözel, A.Z., Yıldırım, O. 1996. Sulama. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1443, Ankara.
- Heerman D. F. 1985. ET in irrigation management. In Proceedings of the National Conference on Advances in Evapotranspiration. ASAE Publication, 323-334.
- Howell, T.A., Musick, J. T. 1985. Relationship of dry matter production of field crops to water consumption. Proc. Int. Con. on Crop Water Requirements, Paris. 11-14. September 1985.
- Howell, T.A., Schneider, A.D., Evett, S.R. 1997. Surface and subsurface microirrigation of corn-southern high plains. Transaction of ASAE, 40, 635-641.
- Kanber, R., Yazar, A., Eylem, M. 1990. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen II. Ürün Mısırın Su-Verim İlişkileri. Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları No:173.
- Keller, J., Bliessner, R.D. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- 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. Enst. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 199 s.
- Musick, L.T., Dusek, D.A. 1980. Irrigated corn yield response to water. Transaction of the ASAE. 23(1), 92-103.
- Oylukan, S. Güngör, H. 1975. Orta Anadolu'da Mısır Su Tüketimi. Eskişehir Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 129. Rapor Seri No: 88, 43s Eskişehir.
- Öğretir, K. 1993. Eskişehir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Qadir, M. Boers, T.M., Schubert, S., Ghafoor, A., Murtaza, G. 2003. Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities. Agricultural Water Management, 62, 165-185.
- Retta, A. Hanks, R.J. 1980. Corn and alfalfa production as Influenced by limited irrigation. Irrigation Science, 1(3), 135-147.
- Russo, D. Bakker, D. 1987. Crop-water production functions for sweet corn and cotton irrigated with saline waters. Soil. Sci. Am. J., 51, 1554-1562.
- Sammis, T.W. 1981. Yield of alfalfa and cotton as influenced by irrigation. Irr. Agron. J. 73 (2), 323-329.
- Shahnazari, A. Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Res., 100, 117-124.
- Stikic, R., Popovic, S., Srdic, M., Savic, D., Jovanovic, Z., Prokic, L., Zdravkovic, J. 2003. Partial root drying (PRD): A new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue, 164-171.
- Topak, R. Süheri, S., Açar, B. 2008. İklim-tarımsal kuraklık-sulama ve çevre etkileşimi yönünden Konya havzası. Konya kapalı havzası yer altı suyu ve kuraklık konferansı. 67-76, 11-12 Eylül, Konya.
- Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, M.F., Yıldırım, E. 1995. Kısıtlı sulamanın mısır verimine etkisi. V. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. 347-365, 30 Mart-2 Nisan, Kemer-Antalya.

²Sorumlu Yazar: rtopak@selcuk.edu.tr