

Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri

Cafer GENÇOĞLAN

KSÜ Müh. Fak., Kahramanmaraş-TÜRKİYE

Atilla YAZAR

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana- TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 30.09.1996

Özet: Çukurova koşullarında, toplam büyüme mevsimi boyunca farklı düzeylerdeki su kısıntısının I. ürün mısır tane verimine ve su kullanım randımanına (WUE_{ET}) etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada sulama konuları, her 10 günde bir 120 cm'lik toprak profilinde tüketilen suyun % 100 (I_{100}), % 80 (I_{80}), % 60 (I_{60}), % 40 (I_{40}), % 20 (I_{20}), ve % 0'ı (I_0) uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Araştırmada, toprak profilindeki eksik nemin tamamının verildiği I_{100} konusuna denemenin birinci yılında 6, ikinci yılında ise 7 kez olmak üzere, sırasıyla toplam 752 ve 823 mm su uygulanmıştır. Anılan konuya ilişkin su tüketimi birinci yıl 999 mm, ikinci yıl ise 1052 mm olarak belirlenmiştir. Sözkonusu deneme konusunda tane verim 1993 yılında 1001.5 kg/da; 1994 yılında ise 1003.5 kg/da olmuştur. I_{100} deneme konusuna göre % 20 su kısıntı uygulanan I_{80} konusundan alınan verim istatistiksel olarak I_{100} konusundan farklı çıkmamıştır. Bu düzeyden sonra yapılan kısıntılar verimde önemli azalmalara neden olmuştur.

Tane verimi (Y) ile sulama suyu (I) ve su tüketim (ET) miktarları arasında %1 önem düzeyinde sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal ilişkiler bulunmuştur.

Çalışmada verim etmeni (ky) ilk yıl 1.08, ikinci yıl ise 1.61 olarak saptanmıştır.

Konulara göre sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), 1.0–2.43 kg/da–mm; su kullanım randımanı (WUE_{ET}) ise 0.22 ile 1.25 kg/da–mm arasında değişmiştir.

The Effects of Deficit Irrigations on Corn Yield and Water Use Efficiency

Abstract: This study was carried out to determine the effects of deficit irrigations on grain yield and water use efficiency (WUE_{ET}) of corn under Çukurova conditions. Irrigation management treatments were created as 100%, 80 %, 60 %, 40 %, 20 % and 0 % replenishment of water depleted in the 120 cm soil profile from the 100 % replenishment treatment in every ten days. In the experiment, corn was irrigated 6 and 7 times in 1993 and 1994, respectively, and a total of 752 mm to 823 mm or irrigation water were applied to I_{100} irrigation treatment, in which water use was determined as 999 mm and 1052 mm in 1993 and 1994, respectively. Grain yield obtained from the I_{100} treatment, 1001.5 kg/da in the first year and 1003.5 kg/da in the second year of the experiment. Yield obtained from the I_{80} treatment, which received 20% less water as compared with I_{100} , was not significantly different from the full irrigation treatment. Beyond the I_{80} level, deficit water application resulted in significant yield reduction by affecting both seed mass and kernels per ear.

Significant second power and linear relationships were found between grain yield (Y) vs seasonal irrigation (I), and grain yield vs water use (ET), respectively.

In the first and second year of the experiment, the yield response factor (ky) was determined as 1.08 and 1.61, respectively.

Irrigation water use efficiency (IWUE) and water use efficiency (WUE_{ET}) were found to be between 1.0–2.43 kg/da– mm and 0.22–1.25 kg/da–mm, respectively for the treatments studied.

Giriş

Dünyada ve Türkiye'de yıldan yıla nüfusun ve hayvan sayısının hızla artması nedeniyle besin maddelerine olan gereksinimi karşılama sorunu, günümüzde tahıl üretimine önem kazandırmaktadır. İnsanların büyük bir çoğunluğu beslenme gereksinimini tahıllarla karşılamaktadır. Dünya tahıl ekilişinde buğday ve çeltikten sonra üçüncü,

üretimde ise buğdaydan sonra ikinci sırada yer alan mısır insan gıdası ve hayvan yemi olarak değerlendirilmesinin yanısıra endüstride; nişasta, şurup, şeker, bira ve alkol yapımında da kullanılmaktadır.

Ülkemizde tarım istatistiklerine göre mısır, toplam tahıllar içerisinde 550.000 hektarlık ekim alanı ile % 3.87 2.5 milyon tonluk üretimi ile de % 7.9 pay almaktadır (1). Adana ilinde 1993 ve 1994 yıllarında I.

ürün mısır ekiliş alanı ortalama 33.728 ha ve verim ise 920 kg/da'dır. İkinci üründe ise ortalama ekiliş alanı 52.181 ha ve verim ise 677 kg/d'dır (2).

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan bölgelerde optimum bitki gelişimi yönünden yağışın yetersiz dağılışının düzensiz oluşu, mısır tarımında büyük bir risk oluşturmakta ve sulamayı en önemli verim etmeni durumuna getirmektedir. Ancak, sulamanın öneminin her geçen gün biraz daha artmasına karşılık, dünyanın birçok bölgesinde, tarımsal amaçla kullanılan su kaynaklarının giderek azalması sorunu yaşanmaktadır. Artan dünya nüfusunun su kullanımı ve endüstriyel gereksinimleri de bu azalmayı belirli ölçüde hızlandırmaktadır (3).

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 (4).

Su-üretim fonksiyonları, planlayıcılar tarafından seçeneysel 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 (5). Anılan fonksiyonlar, bitkilerin su gereksinimlerinin, bitki büyüme modellerinin, su kullanım randımanlarının ve sulama programlarının değerlendirilmesi ile su dağıtım işlemlerinin yapılması yanında sulama sistemlerinin planlanmasında, işletilmesinde ve ekonomik analizlerinde de kullanılmaktadır (6).

Çukurova'da mısır ekiliş alanlarının giderek artması anılan bitkinin su ve gübre gereksiniminin yüksek olması üreticilerin gelecekte su kısıntısıyla karşı karşıya kalmalarını kaçınılmaz kılacaktır. Tarımsal amaçlı sulamada kullanılan su miktarı, bölgenin yarı kurak olması, tarım dışı kullanımı artması ve kalitenin çevre kirliliği nedenleriyle bozulması sonucu giderek azalmaktadır. Bu durum sürdürülebilir tarım için su kaynaklarının optimum kullanılmasını gerektirmektedir.

Kıt kaynaklarımızın optimum kullanılmasını olanaklı kılmak amacıyla: Çukurova koşullarında kısıntılı sulama uygulamalarının I. ürün mısır bitkisi verimine ve su kullanım randımanlarına etkilerini belirlemek amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

Materyal ve Metot

Araştırma Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 1993 ve 1994 yıllarında

yürütülmüştür. Anılan alanın denizden ortalama yüksekliği 20 m olup 36° 59' N, 35° 18' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır.

Mutlu Serisine giren deneme alanı toprakları oldukça yaşlı alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş versitollerdir. Hemen hemen düz ve düze yakın topografyalarda yer alırlar. Bütün profil yüksek oranda kil içerir. Yüksek oranda şişme özelliği taşıyan ince kil içerdiklerinden kurak yaz aylarında solunum derinliklerine dek inen 2–4 cm genişliklerinde çatlaklar oluşur (7). Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarının profil boyunca pH 7.61–7.87; tuz içeriği, 0.12–0.19 dS/m; hacim ağırlığı, 1.14–1.30 gr/cm³; kuru ağırlık esasına göre solma noktası içeriği, %24.0–26.4 ve tarla kapasitesi ise % 37.3–40.1 değerleri arasında değişmektedir.

Araştırma alanı, kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz iklim kuşağındadır. Çukurova'da I. ürün mısırın yetiştirme döneminde (Nisan–Ağustos) uzun yıllara ilişkin ortalama aylık sıcaklıklar 17.1–28.1 °C arasında değişmektedir. Araştırma yıllarında ise anılan dönem için ortalama aylık sıcaklık değerlerin uzun yıllık değerlere oldukça yakın olduğu görülmektedir. Sözü edilen dönemde uzun yıllık ortalama aylık yağış, 5.1 mm ile en düşük Ağustos'ta ve 51.4 mm ile en fazla Nisan ayındadır. Uzun yıllık ortalama verilere göre, yetiştirme mevsimi boyunca düşen yağış, bir yıl içinde düşen toplam yağışın %22.5'ini oluşturmaktadır. Denemenin birinci yılında Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında toplam 210 mm, ikinci yılında ise yetiştirme mevsiminin tüm aylarında toplam 246 mm yağış olmuştur. Denemenin birinci yılı, ikinci yılına göre daha kurak geçmiştir (8).

Biçer (9)'in önerileri de dikkate alınarak tohum yatağı hazırlanmıştır. Hazırlanan deneme parseline 4 sıralı pnömatik mibzerle 5 cm derinliğe, sıra arası 70 cm ve sıra üstü yaklaşık 20 cm olacak şekilde 1993 yılında 26 Nisan'da (116. gününde (DOY)) dekara 7142 adet ve 1994 yılında 13 Nisan'da (DOY 103), yine aynı oranda TTM–815 (Türk Tek Melez–815) mısır tohumu düşecek şekilde ekim yapılmıştır. Anılan çeşidin olgunlaşma süresi ortalama 120–130 gün olup orta geçicidir. (10) ve taneleri sıra at dişi (*Zea Mays Identate Sturt*) biçimindedir.

Aydın'ın (11) önerilerinden yararlanarak, denemenin birinci ve ikinci yılında ekimle birlikte parsellere 20–20–0 gübresinden (8 kg N ve 8 kg P₂O₅ saf madde) dekara 40 kg uygulanmıştır. Uygulanması gereken geri kalan azot, üre formunda sulama suyu ile orantılı olarak deneme konularına verilmiştir. Ürenin ilk yarısı ekimden 50 gün (DOY 166) sonra 1. sulamada, diğer yarısı da ekimden 60 gün (DOY 176) sonra 2. sulamada bitki sıra aralarına elle

uygulanmıştır. Tanık konuya, dekara toplam 19.5 kg saf azot (N) ve 8 kg saf fosfor (P_2O_5) verilmiştir. Diğer sulama konularına ise dakara 8 kg fosfor (P_2O_5) ve uygulanan sulama suyuna bağlı olarak 8–17.2 kg arasında değişen saf azot miktarları uygulanmıştır.

Denemede sulama konuları, toprak profilinin 120 cm derinliğinden 10 günde tanık konuda tüketilen su miktarının belirli yüzdelerinin uygulanması şeklinde oluşturulmuştur (12). Toprak profile eksik suyun tamamının uygulandığı konu, “tanık” konu olarak belirlenmiş ve I_{100} simgesi ile gösterilmiştir. Diğer konulara ise tanık konuya uygulanan suyun belirli oranları uygulanmıştır. Anılan oranlar % 80, % 60, % 40, % 20 ve % 0 olup, sırasıyla I_{80} , I_{60} , I_{40} , I_{20} ve I_0 simgeleriyle gösterilmiştir. İlk sulama, kullanılabilir su düzeyi yaklaşık % 50'ye düştüğünde yapılmıştır (13, 14). İlk sulama, denemenin birinci yılında ekimden 50 gün sonra (DOY 166) ve ikinci yılında ise ekimden 63 gün sonra (DOY 166) uygulanmıştır.

Deneme parsellerinin uzunluğu 10 m, genişliği 5.6 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Parseller oluşturulmadan önce lister çekilerek bitki sıraları arasında karıklar açılmıştır. Sonra parseller seddelerle çevirilerek eğimsiz kapalı karıklar oluşturulmuştur. Her parselde 8 mısır bitki sırası bulunmaktadır. Araştırma, tesadüf bloklar deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak düzenlenmiştir (15).

Sulamadan bir gün önce, parsellerin ilk 0–20 cm'lik toprak katmanın su içeriği gravimetrik yöntemle, 20–140 cm arasında ise 20'şer cm'lik katmanlar halinde nötronmetre yöntemiyle belirlenmiştir. Tanık konularda (I_{100}) belirlenen su içeriklerinden sulama konularına uygulanacak ortalama sulama suyu miktarları mm cinsinden hesaplanmış ve parsel alanı (m^2) ile çarpılarak hacime dönüştürülmüştür. Saptanan sulama suyu hacmi, başlangıcında su sayacı ve üzerinde ağırlığı karık aralığına eşit aynı çapta delikler bulunan bir boru aracılığı ile deneme parsellerine uygulanmıştır.

Koçan yapraklarının sararıp koçan püsküllerinin kuruduğu, tanelerin sertleştiği, koçan kılavuzlarının iyice sarardığı ve tanelerdeki su oranının % 50'den aşağı düştüğü dönemde koçanlar elle hasat edilmiştir (16).

Kenar etkisini gidermek için 8 bitki sırasına sahip parsellerin sağından ve solundan birer bitki sırası ile başından ve sonundan 1'er metre atılmıştır. Son sulamaya kadar yaprak alan indeksini (LAI) ve biyomasi belirlemek için anılan bitki sıralarından sonra gelen iki bitki sırasından bitki örnekleri alınmıştır. Hasatta bazı verim unsurlarını saptamak için parsellerin ortasında kalan 4 bitki sırasının en dışındaki sıradan 8 mısır bitkisi toprak yüzeyinden kesilmiştir. Dekara verimi belirlemek için de

geri kalan 3 bitki sırası ile elle hasat edilmiştir. Hasat, denemenin ilk yılında ekimden 123 (27.8.1993, DOY 239) ve ikinci yılında ise 131 (22.8.1995, DOY 234) gün sonra yapılmıştır. I_0 ve I_{20} konuları diğer konulara göre 8–10 gün önce hasat edilmiştir. Parsellerde elle hasat edilen alan $16.8 m^2$ 'dir. Hasat edilen koçanlar etiketlenmiş bez torbalara doldurularak 10 gün süreyle açık havada kurutulmuştur. Kesilen 8 bitkinin yaprakları, gövdeleri ve koçanları birbirinden ayrılmıştır. Denemede $16.8 m^2$ 'lik alandan hasat edilen koçanlar makine ve 8 bitkinin koçanları ise el makinesi ile danelenmiştir. Mısır tane verimi % 15.5 nem içeriğine göre düzeltilmiştir (17). Yaprak, gövde, tanesi temizlenmiş koçan somakları etüvde $65^\circ C$ 'de sabit ağırlığa ulaşınca dek kurutulmuştur. Anılan 8 bitkinin tane ağırlıkları belirlenmiştir.

Mısır bitkisinin 140 cm'lik toprak profilinden tükettiği su (Evapotranspirasyon) Beyce ve Ark. (18), Howell ve Ark., (19)'nın belirttiği ve aşağıda verilen bir boyutlu su dengesi eşitliği ile saptanmıştır.

$$ET = I + P + Dp \pm R_{off} \pm \Delta s$$

Eşitlikte, ET: su tüketimi (mm), I: sulama suyu (mm), P: yağış (mm), Dp: derine sızma (mm), R_{off} : yüzey akışı (mm), Δs : dönem başı ile dönem sonu arasındaki depolama farkıdır (mm).

Parseller seddelerle çevrili olduğundan yüzey akış (R_{off}) sıfır alınmıştır (20). Çalışmada eksik nemi tarla kapasitesine getirilecek şekilde su uygulandığından derine sızmanın olmadığı varsayılmıştır.

Verim ile su tüketimi (ET) ve sulama suyu (I) arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Denemede oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkilerin ve verim etmeni (ky) değerlerinin belirlenmesinde Stewart Modeli esas alınmıştır (21).

Sulama suyu ve su tüketimine ilişkin su kullanım randımanları Howell ve Ark. (12)'nin; hasat indeksini (HI) ise Beadle (22)'in verdiği eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma yıllarında sulama konularından elde edilen ve %15.5 nem içeriğine göre düzeltilmiş en yüksek mısır tane verimi toprak profilindeki eksik nemin tamamının uygulandığı I_{100} deneme konusundan, en düşük tane verimi ise sulama suyu uygulanmayan I_0 deneme konusundan elde edilmiştir (Tablo 1). Diğer sulama konularından saptanan tane verimleri bu iki değer arasında değişmiştir. Sulama konularından elde edilen

Tablo 1. Araştırma yıllarında deneme parsellerinden elde edilen tane verimleri (kg/da).

| Yn. | LSD _(%5) = 123.3 | | | | | | LSD _(%5) = 76.33 | | | | | |
|------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | 1993 | | | | | | 1994 | | | | | |
| | Deneme Konuları | | | | | | Deneme Konuları | | | | | |
| | I ₀ | I ₂₀ | I ₄₀ | I ₆₀ | I ₈₀ | I ₁₀₀ | I ₀ | I ₂₀ | I ₄₀ | I ₆₀ | I ₈₀ | I ₁₀₀ |
| 1 | 73 | 530 | 660 | 812 | 960 | 873 | 97 | 534 | 716 | 815 | 932 | 935 |
| 2 | 105 | 512 | 720 | 780 | 901 | 949 | 108 | 626 | 695 | 830 | 864 | 978 |
| 3 | 138 | 480 | 701 | 718 | 915 | 1223 | 212 | 575 | 712 | 791 | 1040 | 999 |
| 4 | 104 | 450 | 680 | 768 | 1100 | 961 | 293 | 597 | 741 | 838 | 951 | 1102 |
| Ort. | 105.0d | 493.0c | 690.3b | 769.5b | 969.0a | 1001.5a | 177.5e | 583.0d | 716.0c | 818.5b | 946.8a | 1003.5a |

mısır tane veriminin, anılan konularda oluşturulan su kısıntısıyla ters orantılı olarak arttığı saptanmıştır.

Toprak profilindeki eksik nemin tam karşılandığı konuya göre % 20, % 40, % 60, % 80 ve % 100 su kısıntısı uygulanan deneme konularında her iki yılın ortalama tane verimlerinde sırasıyla % 4.4, % 20.8, % 29.9, % 46.3 ve % 85.9 oranında azalmalar gözlenmiştir. Bu sonuçlardan, Yaron (23)'un belirttiği gibi her birim su azalışına karşılık tane veriminde azalma oranının sabit olmadığı belirlenmiştir.

Mısır bitkisinin çeşitli gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulanarak yürütülen denemelerden elde edilen mısır tane verimleriyle bu çalışmada belirlenen verim değerleri arasında paralellik görülmektedir (24, 25, 26).

Varyans analizleri sonuçlarına göre deneme konuları arasında her iki yılda da tane veriminin %1 önem düzeyinde istatistiksel yönden farklı olduğu bulunmuştur. Bu nedenle dane verimindeki farklılığın hangi sulama uygulamaları arasında oluştuğunu saptamak için LSD testi yapılmıştır (Tablo 1). Buna göre tane verimleri % 95 güvnele 1933 yılında 4 grup; 1994 yılında ise 5 grup oluşturmuştur. Sonuçlar, uygulanan su kısıntısının belirli bir düzeyden sonra mısır tane veriminin azalmasına ve istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almasına neden olduğunu göstermiştir. Denemenin ikinci yılında mısır bitkisinin toprak suyuna en fazla duyarlı olduğu Haziran ve Temmuz aylarında sırasıyla 24 ve 18 mm yağış düşmesi, su stresinin fazla olduğu konularda, birinci yıla oranla daha fazla tane verimi alınmasına neden olduğu söylenebilir.

Çukurova koşullarında yetiştirilen mısırın sulanmasına, denemenin birinci yılında 15.6.1993 (ekimden 50 gün sonra), ikinci yılında ise 1.6.1994 (ekimden 49 gün sonra) tarihinde sulamaya başlamıştır. Bunun sonucunda denemenin ilk yılında 6, ikinci yılında ise toplam 7 sulama yapılmıştır. Araştırmanın ikinci yılında daha erken bir

dönemde su stresi oluşturmak için deneme başlangıcında parsellere eşit su uygulanmıştır. Deneme parsellerine her sulamada yaklaşık 0 ile 147 mm arasında değişen miktarlarda su uygulanmıştır. En az ve en çok su alan I₀ ve I₁₀₀ konularına denemenin birinci yılında sırasıyla toplam 102 ve 752 mm su uygulanmış; ikinci yıl ise anılan değerler sırasıyla 0 ve 823 mm olmuştur. Diğer konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları ise bu değerler arasında değişmiştir (Tablo 2).

Su kısıntısı uygulanmayan, 120 cm'lik toprak profilinden tüketilen suyun tarla kapasitesine tamamlandığı I₁₀₀ deneme konusunda mısırın mevsimlik su tüketimi (ETa), araştırma yıllarında sırasıyla 999 ve 1052 mm; I₀ deneme konusunda 1993 yılında 476 mm ve 1994 yılında ise 343 mm olarak belirlenmiştir.

Çukurova koşullarında mısırın mevsimlik su tüketiminin Kanber ve Ark. (27), 474-606 mm arasında değiştiğini; Köksal (28), anılan bölgede ikinci ürün mısırın ortalama tüketiminin 631 mm olduğunu saptamışlardır. Öğretir (25), Eskişehir koşullarında 659 mm; U1 (29), Menemen Ovası koşullarında 204-263 mm; Coscolluela ve Faci (30) Zaragoza koşullarında tüketimin 243-735 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Farklı iklim kuşağında yürütülen denemelerden saptanarak yukarıda verilen su tüketimlerinin, bu çalışmada belirlenen su tüketiminden genelde küçük olduğu belirlenmiştir.

Caldwell ve Ark. (31), gömülü damla sulama yöntemiyle sulanan mısırın mevsimlik su tüketimi 746-801 mm; Uzunoğlu (32), Ankara koşullarında 440-809 mm; Yıldırım ve Ark. (26), Ankara koşullarında 882-998 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Howell ve Ark. (12), su kısıntısı yapılan konularda oluşan su tüketimini 383 mm ve tam su uyguladıkları konuda ise 937 mm olarak belirlemişlerdir. Yukarıda verilen su tüketimi sonuçları ile bu çalışmada belirlenen su tüketimi arasında paralellik bulunmaktadır.

Tablo 2. Araştırma yıllarında deneme konularında her sulamada uygulanan toplam sulama suyu miktarları ve su tüketimleri.

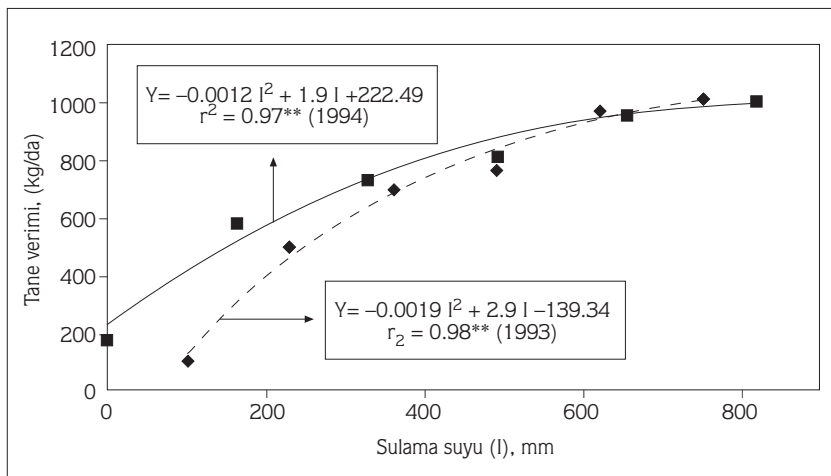
| Deneme konuları | Sulama sayısı | | | | | | | Toplam sulama suyu(mm) | Su tüketimi (mm) |
|------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| 1993 | | | | | | | | | |
| I ₀ | 102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 102 | 476 |
| I ₂₀ | 102 | 29 | 24 | 27 | 24 | 26 | - | 232 | 559 |
| I ₄₀ | 102 | 59 | 48 | 53 | 48 | 53 | - | 362 | 672 |
| I ₆₀ | 102 | 88 | 71 | 80 | 71 | 79 | - | 492 | 764 |
| I ₈₀ | 102 | 118 | 95 | 106 | 95 | 106 | - | 622 | 863 |
| I ₁₀₀ | 102 | 147 | 119 | 133 | 119 | 132 | - | 752 | 999 |
| 1994 | | | | | | | | | |
| I ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 343 |
| I ₂₀ | 23 | 21 | 17 | 29 | 26 | 23 | 28 | 167 | 465 |
| I ₄₀ | 45 | 41 | 34 | 58 | 51 | 45 | 55 | 329 | 621 |
| I ₆₀ | 68 | 62 | 50 | 86 | 77 | 68 | 83 | 494 | 747 |
| I ₈₀ | 90 | 82 | 67 | 115 | 102 | 90 | 110 | 656 | 931 |
| I ₁₀₀ | 113 | 103 | 84 | 144 | 128 | 113 | 138 | 823 | 1052 |

Denemenin her iki yılında da bitkinin günlük su tüketim değerleri (ETa) Nisan ayından itibaren artmış (ilk yıl Mayıs ayında azalmış), tepe püskülü ve koçan oluşumu dönemi ile çakışan Temmuz ayında sırasıyla 12.64 ve 13.20 mm/gün ile en yüksek değere ulaşmış ve sonra Ağustos ayı sonuna dek azalarak sırasıyla 8.02 ve 9.34 mm/gün'e düşmüştür.

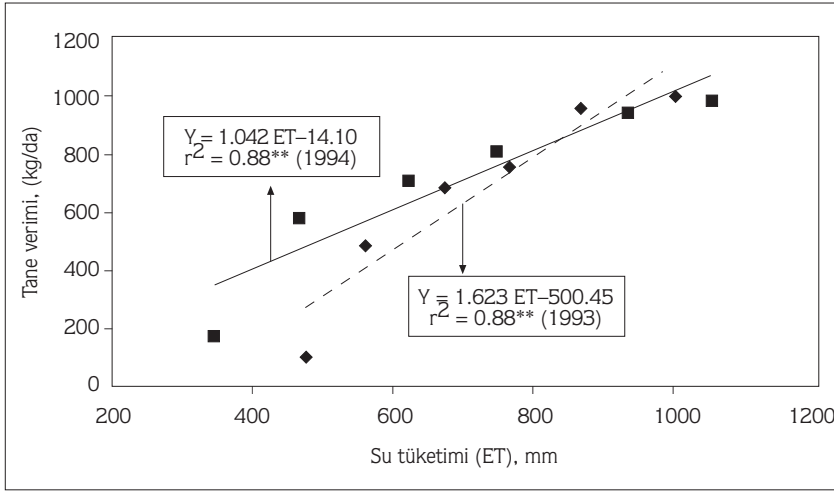
Araştırma yıllarında tane verimli ve gerek sulama suyu ve gerekse mevsimlik su tüketimi arasında %1 önem düzeyinde sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal ilişkiler olduğu bulunmuştur (Şekil 1 ve 2).

Bayrak (33), Bafra Ovası; Oylukan ve Güngör (34), Orta Anadolu ve Köksal (28) ise Çukurova koşullarında sulama suyu ile tane verimi arasında ikinci dereceden eşitlikler belirlemiştir. Yukarıda anılan araştırmacıların saptadıkları ilişkiler de bu çalışmada belirlenen ilişkiler açısından benzerlik bulunmaktadır.

Musick ve Dusek (35) Bushland, Stegman (36) Oakes ve Carrington, UI (29) Menemen, Coscolluela ve Faci (30) Zaragora koşullarında verim ile su tüketimi arasında doğrusal ilişkiler saptamışlardır. Ayrıca bu ilişkilerin eğimi, çevre koşulları ile su stresinin uygulandığı dönemlere bağlı



Şekil 1. Tane verimi (Y) ile sulama suyu (I) ilişkisi.



Şekil 2. Tane verimi (Y)–su tüketimi (ET) ilişkisi

olarak değişiklik gösterdiği Eck (24) tarafından belirtilmiştir. Bunun yanında yetiştirme mevsimi boyunca su kısıntısı eşdeğer olarak uygulandığında su tüketimi ile tane verimi arasında genelde doğrusal ilişki bulunduğu belirlenmiştir (36, 37, 13).

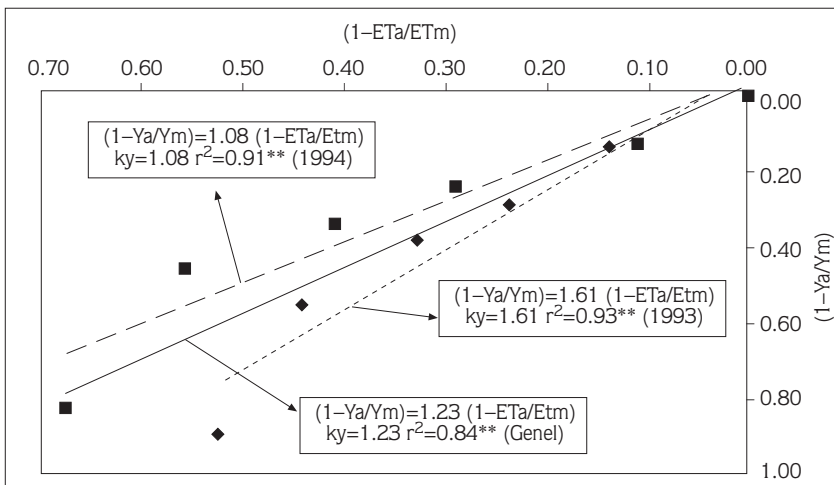
Bitki su tüketimi (ET) ile tane verimi arasında ilişkiler irdelenen diğer bir yolu da oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalışındaki ilişki parametrelerinin incelenmesidir (38). Bu amaçla oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkiler Baştuğ (39)'un önerilerinden yararlanarak bulunmuştur.

Araştırmanın ilk ve ikinci yılında toplam yetiştirme mevsimi için geliştirilen verim etmeni (k_y) sırasıyla 1.61 ve 1.08 olarak saptanmıştır (Şekil 3). İki yılın verilerinin birleştirilmesiyle elde edilen genel k_y değeri ise 1.23 olarak bulunmuştur. Sulama planlaması açısından çok önemli ve yetiştirme mevsimindeki su eksikliğinin bitki

verimine etki derecesinin bir ölçüsü olan verim etmenini Doorenbos ve Kassam (40) 1.25; Yıldırım ve Ark. (26) Ankara'da 0.94 olarak saptamışlardır.

Araştırma yıllarında en yüksek sulama suyu kullanım etkinliği (I_{WUE}), I_{20} konusunda 1.67–2.43 kg/da–mm olarak belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça I_{WUE} azalmış ve en çok su uygulanan I_{100} konusunda yıllara göre sırasıyla 1.19 ve 1.00 kg/da–mm olarak saptanmıştır (Tablo 3).

Denemenin ilk yılında en yüksek su kullanım etkinliği (WUE_{ET}), 1.12 kg/da–mm ile I_{80} ; ikinci yıl ise I_{20} (1.25 kg/da–mm) deneme konusunda bulunmuştur. Araştırma yıllarında anılan konulardan sonra su tüketimi arttıkça WUE_{ET} değeri azalmıştır. Her iki yılda da % 100 su kısıntısının olduğu I_0 sulama konusu dışındaki konuların WUE_{ET} değerleri arasında genelde küçük farklılıklar bulunmaktadır. Sulama konuları arasında bu küçük



Şekil 3. Oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi.

farklılığa, mısırın yetiştirme mevsimi boyunca eşdeğer su kısıntısı uygulanması neden olabilir. Örneğin Howell ve Ark. (12), Bushland'da mısıra eşdeğer su kısıntısı uygulayarak yürüttüğü çalışmada su kısıntısı fazla olmadığı konuların WUE_{ET} değerlerinin birbirine yakın olduğunu bulmuşlardır. Buna karşılık Öğretir (25) ise su kısıntısının yapıldığı döneme bağlı olarak WUE_{ET} 'nin değiştiğini saptamıştır. Ayrıca, WUE_{ET} , $IWUE$ değerlerinden daha küçük çıkmıştır. Bu farklılığa, sezon başında toprakta depolanmış olan suyun ve uygulanan sulama programlarına bağlı olarak değişik miktarlarda su tüketiminin neden olduğu söylenebilir (14).

Denemenin ilk yılında hasat indeksi (HI) Tablo 3'den görüleceği gibi I_0 deneme konusunda ortalama 0.25 ile en düşük, I_{60} deneme konusu düzeyine kadar uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yükselmiş, I_{80} deneme konusunda sabit kalmış ve I_{100} deneme konusunda da yeniden azalmıştır. HI değerleri denemenin ikinci yılında ise ilk yılında olduğu gibi benzer bir dağılım göstermiştir. Denemenin ikinci yılındaki ortalama HI'nin, birinci yılındaki ortalama hasat indeksine göre daha düşük

olduğu gözlenmiştir. Su kısıntısı I_{60} sulama düzeyine dek yapıldığında HI artmış ve ortalama en yüksek değeri olan 0.45 ile 0.48'e kadar yükselmiştir. Buradan I_{60} sulama düzeyine dek dane verimi ile kuru madde miktarının orantılı olduğu, anılan konudan sonra bu orantının kuru madde lehine bozulduğu gözlenmiştir.

Howell ve Ark. (12), Bushland'ta yaptıkları çalışmada, HI değerlerinin 0.337–0.578 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Deloughery ve Crookston (41), farklı çevre koşullarında ortalama HI'nin 0.32 olduğunu, ancak maksimum HI'ni ise 0.50 olarak gözlemişlerdir. Lorens ve Ark. (42), Florida'nın kuzeyinde ise 0.45–0.48 arasında değiştiğini saptamışlardır. Bu çalışmada elde edilen hasat indeksi değerleri ile anılan araştırmacıların yaptıkları çalışmalardan gözlediği değerler arasında paralellik bulunmaktadır.

Sonuç olarak, Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisi büyüme mevsimi boyunca 5–6 kez sulanabilir ve her sulamada 100–150 mm arasında değişen miktarlarda olmak üzere toplam 750–825 mm arasında sulama suyu uygulanabilir. Bu koşullarda mısırın

| Deneme konuları | $IWUE$ (kg/da–mm) | | WUE_{ET} (kg/da–mm) | | Hasat İndeksi | |
|-----------------|----------------------|------|--------------------------|------|---------------|------|
| | 1993 | 1994 | 1993 | 1994 | 1993 | 1994 |
| I_0 | 1.03 | 0.00 | 0.22 | 0.52 | 0.25 | 0.20 |
| I_{20} | 1.67 | 2.43 | 0.88 | 1.25 | 0.41 | 0.25 |
| I_{40} | 1.62 | 1.64 | 1.03 | 1.15 | 0.47 | 0.35 |
| I_{60} | 1.35 | 1.30 | 1.01 | 1.10 | 0.48 | 0.45 |
| I_{80} | 1.39 | 1.17 | 1.12 | 1.02 | 0.48 | 0.45 |
| I_{100} | 1.19 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.47 | 0.43 |

Tablo 3. Konulara göre mısırın sulama suyu ve toplam su kullanım randımanları ile hasat indeksleri.

mevsimlik su tüketiminin 1000 mm civarında değiştiği ve tane veriminin ise yaklaşık 1000 kg/da olduğu saptanmıştır. Toprak profilinde eksik nemin tamamının karşılandığı konu (I_{100}) ile % 20 su kısıntısı yapılan konudan (I_{80}) elde edilen tane verimleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. Anılan düzeyden sonra yapılan su kısıntısı, verimde istatistiksel olarak önemli azalmaya neden olmuştur. Bu nedenle suyun kıt

olduğu bölgelerde, verimde önemli düşüş olmadan sulama suyundan % 20 kısıntı yapılabileceği söylenebilir. Su kısıntısının yetiştirme mevsimine eşdeğer olarak dağıtıldığı koşullarda, sulama planlaması açısından önemli olan ve yetiştirme mevsimindeki su eksikliğinin bitki verimine etki derecesinin bir göstergesi olan verim etmeni (ky) 1.23 olarak alınabilir.

Kaynaklar

1. DİE., Tarımsal Yapı ve Üretim 1993, Yayın No: 1727, Ankara, 1995.
2. Anonymous, 1994 Yılı Çalışma Raporu. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı İl Müdürlüğü Bitki koruma Şube Müdürlüğü, Adana, 1995.
3. Guitjens, J. C., Models of Alfalfa Yield and Evapotranspiration. ASCE, Vol. 108, No. IR3, p 212–222, 1982.
4. Russo, D., Bakker, D., Crop–Water Production Functions for Sweet Corn and Cotton Irrigated with Saline Waters. Soil. Sci. Am. J., Vol. 51, P: 1554–1562, 1987.

5. Sammis, T.W., Yield of Alfalfa and Cotton as Influenced by Irrigation. *Irr. Agron. J.* 73 (2): 323–329, 1981.
6. Howell, T.A., Musick, J. T., Relationship of Dry Matter Production of Field Crops to Water Consumption. *Proc. Int. Con. on Crop Watter Requirements*, Paris. 11–14. September 1985, 1984.
7. Özbek, H., Dinç, U., Kapur, S., Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritası. Ç. Ü. Ziraat Fak, Yay. 73, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler 8, Adana, 149 1974.
8. Gençoğlan, C., Mısır Bitkisinin Su–Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve Ceres–Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 1996.
9. Biçer, Y., Çukurova Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Mısır Tarımında Toprak İşleme Tekniği. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No. 138, Rapor Serisi No. 79, 1987.
10. TIGEM, Mısır Tohumculuğu, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1994.
11. Aydın, H., Çukurova Koşullarında II. ürün Mısır Bitkisinde (ZEA mays L.) Değişik Azot Dozları ve Sıra Arası Mesafelerinin Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1991.
12. Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A. D., Dusek, D.A., Copeland, K.S., Yield and Water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation. *Transaction of ASAE*, Vol. 38 (6) 1737–1747, 1995.
13. Abdul-jabbar, A.S., Sammis, T.W., Lugg, D.G., Kallsen, C.E., Smeal, D., Water Use by Alfalfa, Maize and Barley as Influenced by Available Soil Water. *Agricultural Water Management*, 6: 351–363, 1983.
14. Braunworth, W.S., Mack Jr. and Harry J., Crop–Water Production Functions for Sweet Corn *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114 (2): 210–215, 1989b.
15. Bek, Y., Efe, E., Araştırma Deneme Metotları I. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları, No: 71, 385 S, 1988.
16. Kün, E., Sıcak İklim Tahılları, A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, No. 953, Ankara, 1985.
17. Wilhelm, W.W., Mielke, L. N., Gilley, J. R., Tillage and Low–Pressure Center–Pivot Irrigation Effects on Corn Yield. *Agron. J.* Vol. 77: 258–263, 1985.
18. Beyce, Ö., Madanoğlu, K., Ayla, Ç., Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Sulanabilir Mahsüllerin Su İstatistikleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Gn. Yayın No: 15, Teknik Yayın No: 12. (213S.), 1972.
19. Howell, T.A., Musick, J. T., Tolck, J.A., Canopy Temperature of Irrigated Winter Wheat. *Transaction of ASAE* Vol. 29 (6): 1692–1699, 1986a.
20. Hanks, R.J., Keller, J., Rasmussen, V.P., Wilson, G.D., Line Source Sprinkler for Continuous Variable Irrigation Crop Pruduction Studies. *Soil Sci. Am. J.*, Vol. 40: 426–429, 1976.
21. Stegman, B.A., Hanks, R.J., Musick, J. T., Watts, D.G., Irrigation Water Management–Adequate or Limited Water Irrigation Challenges at the 80’S (Proceedings of the ASAE Second National Irrigation Symposium, Oct. 20–23, 1980 Univ. of Nebraska, Lincoln, Nebraska). Pub. ASAE, St. Joseph, Michigan, 154–165, 1981.
22. Beadle, C.L., Plant Growth Analysis. Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. Edited by J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Long and J. M. O. Scurlock. Chapter 2, P: 20–25. Pergamon Press, Oxford, England, 1985.
23. Yaron, D., Estimation and Use of Water Production Functions In Crops *J. of The Irr. Drain. Div. Poc. of the ASCE* 291–302 S. 1971.
24. Eck, H.V., Effects of Water Deficits on Yield Components, and Water Use Efficiency or Irrigated Corn. *Agron. J.* 78: 1035–1040, 1986.
25. Öğretir, K., Eskişehir Koşullarında Mısırın Su–Verim İlişkileri. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana (83) S. 1993.
26. Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, M.F., Yıldırım, E., Kısıntılı Sulamanın Mısır Verimine Etkisi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. S. 347–365. Kemer–Antalya, 1995.
27. Kanber, R., Yazar, A., Eylene, M., Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su–Verim İlişkisi. Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 173, Rapor Serisi No: 108, Tarsus. 77 S, 1990 a.
28. Köksal, H., Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su–Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Şaplanması ve Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen. Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Doktora Tezi. 199 S, 1995.
29. Ul, M.A., Menemen Ovası Koşullarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Değişik Gelişim Aşamalarında Uygulanan Sulamaların Verime Etkisi üzerine Bir Araştırma. E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalı. Doktora Tezi, İzmir. 115 S, 1990.
30. Coscolluela, F., Faci, J. M., Development of Water Production Function of Corn (Zea Mays L.) by the Use of a Line–Source Sprinkler. *Invest. Agr: Prod. Prot. Veg.* Vol. 7(2): 169–194, 1992.
31. Caldwell, D.S., Spurgeon, W.E., Manges, H.L., Frequency of Irrigation for Subsurface Drip-Irrigated Corn. *Transactions of the ASAE*. Vol. 37 (4): 1099–1103, 1994.

32. Uzunoğlu, S., Ankara Yöresinde Hibrit Mısırın Su Tüketimi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 172. Rapor Seri No: R. 64, Ankara. 26 S., 1991.
33. Bayrak, F., Bafra Ovası Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Samsun Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 15. Rapor Yayın No: 13. Samsun. 30 S, 1979.
34. Oylukan, S., Güngör, H., Orta Anadolu'da Mısır Su Tüketimi. Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 129. Rapor Seri No: 88, Eskişehir. 43 S, 1975.
35. Musick, L. T., Dusek, D.A., Irrigated Corn Yield Response to Water. Transaction of the ASAE. Vol: 23 No: 1, P: 92-103, 1980.
36. Stegman, E. C. Corn Grain Yield as Influenced by Timing of Evapotranspiration Deficits. Irrig. Sci. 3: 75-87, 1982.
37. Wenda, W.I., Hanks, R.S., Corn Yield and Evapotranspiration Under Simulated Drought Conditions. Irrig. Sci. 2: 193-204, 1981.
38. Sezen, S., M., Yazar, A. Çukurova Koşullarında Buğdayda Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi. Tr. J. of Agriculture and Forestry 20: 41-48, 1996.
39. Baştuğ, R., Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonunun Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma (Doktora Tezi), Ç.Ü. Fen Bil. Enst., Adana, 1987.
40. Doorenbos, J., Kassam, A.H., Yield Response to Water. United Nations FAO, Pub. 33, Rome, (193) S, 1979.
41. Deloughery, R.L., Crookston, R.K., Harvest Index of Corn Affected by Population Density, Maturity Rating, and Environment. Agron. J. 72: 577-580, 1979.
42. Lorens, G.F., Bennett, J.M., Loggale, L.B., Differences in Drought Resistance Between two Corn Hybrids. II. Component Analysis and Growth Rates. Agron. J. 79: 808-813, 1987.