

## İKİNCİ ÜRÜN SİLAJLIK MISIRIN (*Zea Mays* L.) SULAMA ZAMANININ PLANLANMASI ve SU-VERİM-KALİTE İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ\*

Mehmet Emin ARITÜRK<sup>1</sup>, Yeşim ERDEM<sup>2</sup>

### ÖZET

Tekirdağ koşullarında 2006 yılında II. ürün mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) farklı sulama metotları altında, yeterli ve kısıtlı sulama uygulamalarına karşılık sulama programlarının oluşturulması amacıyla yürütülen bu çalışmada, toplam büyüme mevsimi boyunca su ihtiyacının %0, %50 ve %100' ünün karşılandığı durumlarda verim ve verim öğeleri, su-verim ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri karık sulama yönteminde 388 - 506 mm, damla sulama yönteminde 293 - 429 mm arasında değişmiştir. En yüksek yeşil ot verimi, karık ve damla sulama yöntemi için sırasıyla 98.96 t ha<sup>-1</sup> ve 92.91 t ha<sup>-1</sup> ile büyüme mevsimi boyunca sulama suyu ihtiyacının tam olarak karşılandığı deneme konusundan elde edilmiştir. Ayrıca, araştırmada uzaktan algılama tekniklerinden biri olan infrared termometre tekniği kullanılarak, sayısal yaklaşım ile hesaplanan bitki su stresi indeksi (CWSI) ile verim arasında sulama zamanı planlamasına baz oluşturacak ilişkiler belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Su üretim parametreleri, bitki su tüketimi, bitki su stres indeksi (CWSI), yaprak alan indeksi (LAI)

### Determination of Irrigation Scheduling and Water Yield Quality Relationship of Second Crop Maize (*Zea mays* L.)

### ABSTRACT

The main objectives of this study which was conducted under Tekirdağ conditions and different irrigation methods in 2006 were to obtain irrigation scheduling of second crop maize (*Zea mays* L.) under adequate soil water supply during to whole growing season and under limited soil water supply at the different combinations. In this research, yield and yield components and yield response factors were determined under the conditions which 0%, 50% and 100% of water requirement was supplied during the whole growing season. As a result, the seasonal crop evapotranspiration for the furrow and drip irrigation methods changed as 388 - 506 mm and 293 - 429 mm, respectively. The highest green crop yield was obtained for the furrow and drip irrigation methods as 98.96 t ha<sup>-1</sup> and 92.91 t ha<sup>-1</sup>, respectively, from the plots which irrigation water was adequately applied during total growing season. Generally, the effects of irrigation methods on yield and yield parameters were not statistically significant, while the effects of irrigation levels on yield and yield parameters were statistically significant. Also, the objective of this study is to determine the relationship between CWSI which was calculated by using the empirical approach and yield to be based on irrigation scheduling of maize using infrared thermometer which is one of the remote sensing techniques.

**Key Words:** Water-production parameters, evapotranspiration, crop water stress index (CWSI), leaf area index (LAI)

## GİRİŞ

Doğal kaynakların gün geçtikçe azalması, her alanda olduğu gibi tarımda da yeni arayışları ortaya çıkarmaktadır. Sanayileşme ve kentleşme nedeniyle tarım alanları azalmakta buna karşın bu alanlardan beslenecek insan sayısı hızlı bir biçimde artmaktadır. Bu nedenle, yürütülen araştırmalar birim alandan elde edilecek verimi maksimuma çıkarmak üzerine yoğunlaşmaktadır. Diğer tarımsal işlemlerin yanı sıra maksimum verim ve kaliteli ürün eldesinde sulamanın önemi ortadadır. Ayrıca, tarımsal üretimde yeni sulama teknolojilerinin kullanımı ile birim alandan elde edilen verim ile dolayısıyla gelir, en yüksek seviyeye çıkarılmaya çalışılmaktadır. Tarımda kullanılan yeni teknolojilerden birisi de bitki su stresi düzeyinin çabuk ve yüksek duyarlılıkta elde

edilmesine olanak sağlayan, uzaktan algılama teknikleridir. Bu amaçla, sulama zamanı programlarının oluşturulmasında iklim ve toprak parametrelerinin yanı sıra bitkiye ilişkin bazı ölçümler de önemli hale gelmiştir ve özellikle, bitkideki su eksikliği toprak su miktarı ile ilişkili olarak stres düzeyinin tahmininde kullanılmaktadır. Son 10 - 15 yılda bitki su stresinin izlenmesi için el tipi infrared termometre ile bitki sıcaklığı ölçüm tekniği üzerine ilgi artmış ve bu konuda birçok çalışma yapılmıştır (Ödemiş ve Bastuğ, 1999; Yazar ve ark., 1999; Irmak ve ark., 2000; Alderfasi ve Nielsen, 2001; Orta ve ark. 2003; Yuan ve ark., 2004).

Trakya Bölgesi, ülkemizin önemli tarımsal bölgelerinden birisi olup, ayçiçeği ülke üretiminin %35' ini ve buğday üretiminin ise %12' sini sağlamaktadır. Ancak, iki bitki yetiştirme periyodu

\* Yüksek Lisans Tezi

<sup>1</sup> Evreşe Tarım Kredi Kooperatifi, Gelibolu / ÇANAĞKALE

<sup>2</sup> NKÜ Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. TEKİRDAĞ

arasında kalan sürede, özellikle Haziran-Temmuz aylarındaki buğday hasadından sonra, Nisan-Mayıs aylarında ki ayçiçeği ekimine kadar yaklaşık 8 ay boş kalan tarım arazisinde, sulu koşullar altında yetişebilecek bitki alternatifleri üretilmeli ve entansif tarımın bölgede kullanılabilirliği ortaya çıkarılmalıdır. Orak ve ark. (2002)' de açıklandığı üzere, Trakya bölgesinde çayır meraların (%8) sürülerek tarım alanlarına dönüştürülmesi ve yem bitkileri ekim alanının (%1.41) yetersizliği nedeniyle hayvanların kaba yem ihtiyacı karşılanamamaktadır. Dolayısıyla, bölgede kışlık kaliteli kaba yem ihtiyacının önemli bir bölümünün karşılanabilmesi için, gerekli bazı türlerin ürünlerinin silaj olarak depolanması gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı, yetiştirme periyodu uygunluğu ve silajlık açıdan pazarlanabilir olmasından dolayı II. ürün mısır yetiştiriciliği tercih edilebilir.

Trakya Bölgesinde II. ürün silajlık mısır üretimi artmış olmasına rağmen özellikle sulu koşullarda elde edilecek su üretim fonksiyonları konusunda çalışmalar oldukça yetersizdir. Yüksek verim ve kalitede ürün sağlanabilmesi için su-üretim fonksiyonlarının çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, farklı sulama yöntemleri altında yetiştirilen II. ürün silajlık mısırın yeterli ve kısıtlı sulama uygulamalarına karşılık, sulama programlarının oluşturulmasında gerekli bilgilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, mevsimlik su tüketimi, uygun sulama yöntemi, su üretim fonksiyonları, mevsimlik su verim ilişkisi ( $k_v$ ) faktörü, verim ve kalite parametreleri göz önüne alınmıştır. Ayrıca, sulama zamanı planlamasında ve

bitki stres seviyesinin belirlenmesinde; bitkitoprak-atmosfer ölçümlerini kapsayan yeni sulama teknolojileri ile toprak nemi ve bitki yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkilerin mısır bitkisi için kullanılma olanakları araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Araştırma, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü' nün tarım arazisinde seçilen 1080 m<sup>2</sup> büyüklüğe sahip tarla parselinde yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü Tekirdağ iline ilişkin 1939 - 2002 yıllarına ait bazı iklim elemanlarının ilk ve son don tarihleri arasında kalan aylık ortalamaları, Meteoroloji Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığından sağlanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.8 °C olup, aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 4.5 °C ile Ocak, en sıcak 23.3 °C ile Temmuz aylarıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 575.4 mm' dir. Ortalama son don tarihi 21 Mart olup, ilk don tarihi ise 7 Aralık' tır. Yıllık ortalama bağıl nem %76 olup, bu değer Temmuz ve Ağustos aylarında %68' e düşmekte ve Aralık ayında %82' ye yükselmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızının 2 m yükseklikteki değeri 3.1 m/s' dir. Deneme yılına ait iklim elemanları ise alanda yer alan meteoroloji istasyonundan Çizelge 1' de verildiği biçimde elde edilmiştir.

Araştırma alanında iki farklı profilden alınan toprakların fiziksel analiz sonuçlarına göre (Blake, 1965; Benami ve Diskin, 1965), bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 2'

**Çizelge 1.** Denemenin yürütüldüğü 2006 yılına ait bazı meteorolojik veriler

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama bağıl nem (%)	Ortalama rüzgar hızı* (m s <sup>-1</sup> )	Güneşlenme süresi (h)	Buharlaşma miktarı** (mm)	Yağış (mm)
Temmuz						
1-10	22.92	77.17	3.45	9.01	61.9	1.3
11-20	23.72	75.49	2.87	9.98	64.6	2.7
21-31	25.28	73.14	2.66	10.98	8.01	0.0
1-31	24.01	75.20	2.98	10.02	6.66	4.0
Ağustos						
1-10	25.67	82.29	2.02	10.48	55.5	3.9
11-20	26.95	71.14	2.54	10.64	71.1	0.8
21-31	25.00	77.41	2.49	9.16	62.9	5.9
1-31	25.84	79.96	2.35	10.06	6.1	10.6
Eylül						
1-10	21.89	74.76	2.83	9.53	49.2	0.1
11-20	20.35	83.13	2.81	6.22	41.4	0.2
21-31	18.59	84.30	2.27	6.66	22.2	108.5
1-31	19.66	84.65	3.11	6.95	3.76	108.8
Ekim						
1-10	19.14	95.44	2.62	5.59	23.3	10.8
11-20	14.94	85.23	3.59	1.75	21.1	0.6
21-31	14.83	97.23	2.07	3.35	12.7	30.8
1-31	16.30	92.63	2.76	3.56	57.1	42.2

\* : 2 m yükseklikteki değeri

\*\* : A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen değer

**Çizelge 2.** Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Tarla kapasitesi		Solma Noktası		Hacim ağırlığı (gr cm <sup>-3</sup> )	KSTK (mm)
		Pw (%)	mm	Pw (%)	mm		
0-30	L	26.1	115.88	13.9	61.72	1.48	54.16
30-60	L	26.0	117.78	14.0	63.42	1.51	54.36
60-90	L	25.3	117.64	14.2	66.03	1.55	51.61
90-120	L	25.0	116.25	14.0	65.10	1.55	51.15
0-90			351.30		191.17		160.13
0-120			467.55		256.27		211.28

KSTK : Kullanılabilir su tutma kapasitesi

de verilmiştir. Kimyasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde ise, deneme alanı topraklarının nötr reaksiyonlu, tuzsuz, organik madde içeriği düşük, fosfor bakımından orta, potasyumca zengin ve kireçsiz oldukları görülmüştür. Toprakların bor, tuzluluk, sodyumluluk ve drenaj sorunu bulunmamaktadır. Çalışmada kullanılan sulama suyu özelliklerini belirlemek için su örnekleri alınmış, Ayyıldız (1990)' da verilen esaslara göre T<sub>2</sub>S<sub>1</sub> olarak tespit edilmiştir. Toprağın gerçek su alma hızı değerleri Criddle ve ark. (1956)' da verilen esaslara göre 12 mm/h olarak belirlenmiştir.

Araştırmada, deneme parselleri yüzey sulama (karıklarda göllendirme) ve damla sulama yöntemleri ile sulanmıştır. Sulama sistemi sırasıyla, su kaynağı, pompa birimi, kontrol birimi, boru hatları ve damlatıcılardan oluşmuştur. Araştırma parsellerinin sulanması için gerekli olan sulama suyu, depolama havuzundan santrifüj pompa ile alınmıştır. Kontrol birimi, 10 L s<sup>-1</sup> kapasiteli kombine bir elek filtre (filtre+hidrosiklon), sistemde oluşan basıncı kontrol etmek ve düzenlemek amacıyla basınç regülatörü ile birim unsurlarının giriş ve çıkışlarına yerleştirilen manometrelerden oluşmuştur. Suyun alındığı noktadan itibaren iletimi ve dağıtımı 10 atm işletme basınçlı, 63 mm dış çaplı sert PE borularla yapılmıştır.

Damla sulama yönteminin uygulandığı deneme parselleri içerisinde su dağılımı 4 atm işletme basınçlı ve 20 mm dış çaplı yumuşak PE lateral boru hatları ile yapılmıştır. Her bir lateral üzerinde 50 cm aralıklı, 1 atm işletme basıncında 4 L h<sup>-1</sup> debi veren in-line tipte, basınç düzenleyicili damlatıcılar kullanılmıştır. Karık sulama yönteminin uygulandığı parsellerde, ana boru hatlarından 20 mm dış çaplı yumuşak PE borular ile alınan sulama suyu, litre cinsinden ölçülerek su sayacı ile verilmiştir. Parsellerde her bitki sırasına sonları kapalı, tabanları eğimsiz 1' er karık açılmıştır.

Araştırmada, Sakarya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiş TTM 815 mısır çeşidi kullanılmıştır. Parsellerde mısır tohumları sıra aralığı 70 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde ekilmiştir. Araştırma 2006 yılında yürütülmüş ve ön bitki olarak buğday kullanılmıştır. Ekim işlemi 12 Temmuz 2006 (DOY 193) tarihinde gerçekleşmiştir. Ekim sırasında saf madde olarak dekara 20 kg N gelecek şekilde 20-20-0 kompoze gübresi uygulanmıştır. Bir deneme parselinin boyutları 3.5 x

6.0 m toplam 21.0 m<sup>2</sup> olacak şekilde planlanmıştır. Tüm parsellerde, hasat sırasında her bir kenardan bir sıra kenar tesiri olarak bırakılmış ve böylece 108 adet bitki hasat edilmiştir. Hasat işlemi, genel olarak mısır koçanlarında dane dolumu tamamlandıktan sonra, 17 Ekim 2006 (DOY290) tarihinde yapılmıştır.

Araştırmada, damla ve karık olmak üzere 2 farklı sulama yöntemi ve kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50' si tüketildiğinde %100, 50 ve 0' ının tarla kapasitesine tamamlanması biçiminde 3 farklı sulama düzeyi dikkate alınmış ve deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Sulama zamanının belirlenmesinde, topraktaki nem değişimleri esas alınmış ve gravimetrik yöntem ile izlenmiştir. Araştırmada, uygulanan sulama suyu miktarı 90 cm' lik etkili kök derinliği için hesaplanmasına karşın, oluşabilecek derine sızmaları da izleyebilmek için bitki su tüketimi değerleri 120 cm toprak derinliğinde su bütçesi yaklaşımına göre hesaplanmıştır (Walker ve Skogerboe, 1987). Hasat parsellerinden 8-10 cm toprak seviyesinden biçilen bitkiler, koçanları ile birlikte tartılarak, yeşil ot verimi (t ha<sup>-1</sup>) elde edilmiş, ve daha sonra doğal kurumaya bırakılmıştır.

Hasat parsellerinde seçilen bitkilerde bitki boyu, koçan ağırlıkları ve ayrıca sap kalınlıkları, Başer ve Gençtan (1999)' dan yararlanılarak ölçülmüştür. Her bir parselden bir miktar örnek alınarak 65 °C' de sabit ağırlığa ulaşmaya dek tutularak nem içerikleri belirlenmiştir ve kuru ot verimi elde edilmiştir (Musick ve Dusek, 1980). Elde edilen kuru ağırlıklar örneğin alındığı alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarları (t ha<sup>-1</sup>) saptanmıştır (Gardner ve ark., 1985). Kurutulan örnekler çok küçük parçalara ayrılarak öğütülmüş ve Kjeldahl metodu ile protein oranları (%) ve % ham selüloz oranları belirlenmiştir (Karabulut ve Canbolat, 2005).

Deneme süresince belirli aralıklarla her bir hasad parseline ortalamayı temsil eden 2' şer bitki seçilerek yaprak alan büyüklükleri (cm<sup>2</sup>), yaprak eni ve boyu yaprak alan ölçer cihazı (LI 3000A) ile ölçülmüştür. Bir bitkiden ölçülen toplam yaprak alan değeri bitkinin taç alanına oranlanarak her bir sulama konusuna ilişkin yaprak alan indeksi (LAI) değerleri hesaplanmıştır (Stewart ve Dwyer, 1999).

Araştırmada, su kısıdının hasat verimi

üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkiler Stewart modeli olarak bilinen su verim ilişkisi yöntemi ile Doorenbos ve Kassam (1979)' da açıklanan eşitliklere göre belirlenmiştir. Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve elde edilen hasat verimlerine göre, sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanı değerleri Zhang ve ark. (1999)' da verilen eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır.

Bitki su stresinin belirlenmesi amacıyla bitki taç sıcaklığı ölçümlerinde "Fluke 574 Model" infrared termometre (IRT) kullanılmıştır. Mısır bitkisinde yaprak yüzey sıcaklığı ölçümlerine, 2006 yetiştirme döneminde sulama aralıklarına denk gelen 3 - 4 günlük periyotlar halinde 10 Ağustos (DOY 222)' ta başlanmış ve 16 Eylül (DOY 259)' de bitirilmiştir. Deneme konularına göre, IRT ölçümlerinde her bir parselde, 4 farklı bitkinin üst kısmında bulunan, tam olarak güneş gören birer yaprak dikkate alınmış ve dört yönden ölçüm yapılmıştır. Ölçümler, havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda her gün saat 11:00 - 14:00 arası günde dört kez yapılmıştır. Her bir ölçümün başında ve sonunda alanda yer alan meteoroloji istasyonundan anlık değerler olarak ıslak ve kuru termometre ( $T_a$ ) değerleri okunmuş ve bunlardan yararlanılarak List (1971)' de belirtilen esaslara göre buhar basıncı açığı (VPD) hesaplanmıştır.

Bitki su stres indeksi (CWSI)' nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen yöntemden yararlanılmıştır (Idso ve ark., 1981). Bu amaçla, su stresine sokulmayan  $KI_1$  ve  $DI_1$  deneme konularından alınan ölçümlerden belirlenen,  $T_c - T_a$  ve VPD değerlerinin doğrusal regrasyonu ile alt baz çizgisi, hiç sulanmayan  $I_3$  konusundan, mevsim içinde alınan ölçümlerden yararlanılarak üst baz çizgisi elde edilmiş ve temel grafikler oluşturulmuştur. CWSI değerleri anılan grafiklerden yararlanılarak yöntemin esasına dayalı eşitlik ile belirlenmiştir. Elde edilen değerlerin mevsim içindeki değişimleri grafiklendirilmiş ve CWSI - verim değerleri arasındaki regrasyon denklemleri oluşturulmuştur.

Deneme konularından elde edilen verim ve verim parametreleri arasındaki farklılıkların düzeyinin belirlenmesinde varyans analizi,

farklıkların sınıflandırılmasında ise LSD testi kullanılmış, sulama suyu ve bitki su tüketimi, su stres göstergeleri (CWSI) ile anılan verim öğeleri arasındaki ilişkiler regrasyon eşitlikleri ile Yurtsever (1984)' de verilen esaslara göre değerlendirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Trakya bölgesi koşullarında mısır bitkisinin gelişme dönemi uzunlukları ve toplam büyüme mevsimi uzunluğu, Köksal (1995) tarafından açıklanan 4 gelişme dönemi ile uyum göstermiştir. Anılan dönemler; çimlenme ve çıkış dönemi (15 gün), vejetatif gelişme dönemi (39 gün), generatif gelişme dönemi (Tepe püskülü ve koçan oluşumu) (11 gün), dane doldurma dönemi (32 gün) şeklinde gerçekleşmiştir. Toplam büyüme 97 günde tamamlanmıştır.

Deneme konularında, 120 cm toprak katmanından ölçülen nem değerleri, ölçülen yağış değerleri, uygulanan sulama suyu miktarları ve bu değerlere göre hesaplanan bitki su tüketimi değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Karık sulama yönteminde  $I_1$  konusuna 43.0 - 79.0 mm arasında değişen 5 adet sulamada toplam 322.0 mm sulama suyu uygulanırken, damla sulama yönteminde 36.0 - 64.0 mm arasında değişen 5 adet sulamada toplam 263.0 mm sulama suyu uygulanmıştır. Tüm konulara ekim sonrası 2 kez yapılan can suyu uygulaması ile karık sulama yönteminde yaklaşık 153 mm, damla sulama yönteminde 141 mm su verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri her iki yöntemde de  $I_1$  konusunda en yüksek olup, sulama suyu uygulanmayan  $I_3$  konusunda ise en düşük gerçekleşmiştir. II. ürün mısır bitkisinde daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen bitki su tüketimi sonuçlarının 175 - 695 mm arasında değiştiği görülmektedir (Köksal, 1995; Bayrak, 1997; Kanber ve ark., 1990; Kızıloğlu, 2009).

Hasatta ve laboratuvar koşullarında her bir deneme konusu için belirlenen yeşil ot verimi, koçan ağırlığı, sap kalınlığı, bitki boyu, kuru madde oranı, protein oranı, selüloz oranı gibi parametrelere ilişkin elde edilen sonuçlar ve bu değerlere göre yapılan istatistiksel analizler Çizelge 4' de özetlenmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi, denemede ortalama yeşil

**Çizelge 3.** Deneme konularına 2006 yılında uygulanan sulama suyu miktarları, gerçekleşen su tüketimleri ve su üretim fonksiyonları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Toprak nemi (mm 120 cm <sup>-1</sup> )	Toplam Yağış (mm)	Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)	Mevsimlik su tüketimi (mm)	Sulama suyu kullanım randımanı (kg m <sup>-3</sup> )	Su kullanım randımanı (kg m <sup>-3</sup> )
Karık	$I_1$	-102.9	133.8	475.0	506.0	20.83	19.56
	$I_2$	-60.5	133.8	315.0	388.0	27.00	21.92
	$I_3$	-39.8	243.8	110.0	204.0	-	12.21
Damla	$I_1$	-109.3	133.8	404.0	429.0	22.99	21.66
	$I_2$	-114.1	133.8	273.0	293.0	31.68	29.52
	$I_3$	-39.8	243.8	110.0	204.0	-	12.21



ot verimleri sulama suyu ihtiyacının tam olarak karşılandığı konuda (I<sub>1</sub>) karık yöntemi için 98.96 t ha<sup>-1</sup>, damla yöntemi için 92.91 t ha<sup>-1</sup> olarak elde edilirken, bu değer susuz koşullarda 24.92 t ha<sup>-1</sup> olmuştur. Orak ve ark. (2002), Trakya bölgesi koşullarında melez mısır çeşitlerinde en yüksek yeşil ot verimlerinin 102.3 - 119.3 t ha<sup>-1</sup> arasında gerçekleştiğini bulmuşlar ve ayrıca mısırdaki yeşil ot veriminin yürütülen diğer çalışmalarda 82.04 - 124.63 t ha<sup>-1</sup> (Başer ve Gençtan, 1999), 64.05 - 64.62 t ha<sup>-1</sup> (Manga ve ark., 1991), 75.95 - 90.35 t ha<sup>-1</sup> (Konak, 1994) arasında değiştiğini açıklamışlardır. Varyans analizi sonuçlarına göre, sulama yöntemleri arasında farklılık bulunmazken, sulama düzeyleri arasında %1 düzeyinde farklılık görülmüş ve farklılığın düzeyinin belirlenmesi için yapılan LSD gruplamasında tüm konular farklı grupta yer almıştır. Bu bakımdan, silajlık mısır bitkisinde yapılacak %50' lik su tasarrufunun önemli verim azalmaları yaratabileceği, ancak su ekonomisi açısından sulama randımanları dikkate alınarak yeni bir değerlendirme yapılabileceği söylenebilir.

Ayrıca, koçan ağırlığı, sap kalınlığı, bitki boyu, protein oranı ve selüloz oranı değerlerine ait varyans analizi sonuçlarına göre; sulama yöntemleri arasında önemli düzeyde farklılık görülmezken, selüloz oranı hariç farklı su uygulamaları açısından P<0.01 düzeyinde önemlilik bulunmuştur. Kuru madde miktarları açısından farklılıkların önemlilik düzeyleri incelendiğinde ise, sulama yönteminin elde edilen kuru madde miktarına etkisi, istatistiksel olarak P<0.05 düzeyinde önemli, sulama düzeylerinin bu miktara etkisi P<0.01 düzeyinde ve ayrıca sulama yöntemi ve sulama düzeyi interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. LSD testi sonuçlarına göre, sulama yöntemleri ve sulama düzeyleri açısından kuru madde

miktarları birer grup oluşturmuştur. Dağdelen ve ark. (2006)'nın elde ettikleri sonuçlara paralel olarak sulama suyu miktarlarındaki azalma ile kuru madde oranlarının da düştüğü görülmüştür.

Deneme konularından elde edilen yaprak alan indeksi değerlerinin (LAI) zamana bağlı olarak mevsim boyunca değişimleri, Şekil 1' de gösterilmiştir. Şekilden izlenebileceği gibi, yaprak alan indeksi değerleri, sulama programlarına bağlı olarak ekimden 60 gün sonra 4.14 - 6.11 arasında değişerek en yüksek değerlere ulaşmıştır. Grafikler yöntem bazında incelendiğinde, karık sulama yönteminde uygulanan sulama suyuna paralel olarak bitki gelişim hızının daha fazla olması nedeniyle yaprak gelişimi daha erken gerçekleşmiştir. Susuz konuda ise ekimden 74 gün sonra 3.76 olmuştur. Dağdelen ve ark. (2006)'da belirtildiği üzere ikinci ürün mısırdaki en yüksek LAI değerleri ekimden 70 - 75 gün sonra 4.8 ve 5.2 olmuştur. Yaprak alan indeksi değerleri kısıntılı sulama uygulanan konuda her iki yöntemde de daha düşük olmuştur. Dolayısıyla uygulanan suya paralel olarak yaprak gelişiminin daha hızlı olduğunu söyleyebiliriz. Ancak hasat dönemine yaklaşıldıkça fizyolojik olgunluğa bağlı olarak LAI değerleri de azalmıştır. Köksal (1995) Çukurova koşullarında en yüksek yaprak alan indeksi değerini su sıkıntısının yaşanmadığı konuda denemenin ilk yılında 4.9, ikinci yılında 5.7 olarak saptamıştır. Araştırmanın yürütüldüğü Trakya Bölgesi koşullarında İstanbulluoğlu ve Kocaman (1996), tepe püskülü çıkarma döneminde tam sulanan konuda LAI değerini 3.93, hasat döneminde 2.56 ve ayrıca susuz konuda 1.66 olarak açıklamışlardır.

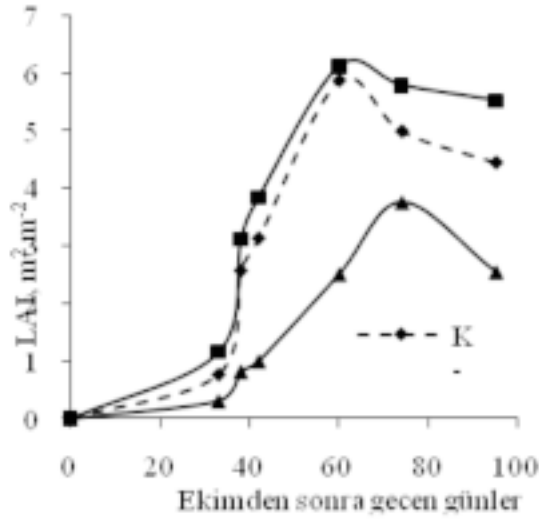
Toplam büyüme mevsimi için su- verim ilişkisi faktörünü belirleyebilmek için gerekli oransal bitki su tüketimi açığı ve oransal verim azalması değerlerine

**Çizelge 4.** Silajlık mısırın verim ve verim parametreleri

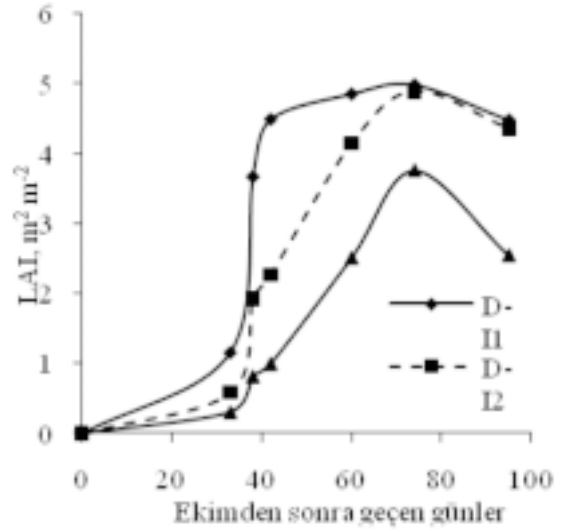
Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yeşil ot verimi (t ha <sup>-1</sup> )	Koçan ağırlığı (kg)	Sap kalınlığı (cm)	Bitki boyu (cm)	Kuru madde oranı (t ha <sup>-1</sup> )	Protein oranı (%)	Selüloz oranı (%)
Karık	I <sub>1</sub>	98.96	0.367	2.6	217	34.6	8.9	26
	I <sub>2</sub>	85.07	0.313	2.3	208	28.6	8.7	25
	I <sub>3</sub>	24.92	0.053	1.1	95	4.6	10.5	25
Damla	I <sub>1</sub>	92.91	0.347	2.4	216	25.9	8.2	26
	I <sub>2</sub>	86.50	0.327	2.1	194	24.8	8.5	20
	I <sub>3</sub>	24.92	0.053	1.1	95	4.6	10.5	25
	LSD	ns	ns	ns	ns	3.12**	ns	ns
Karık Damla		69.65	0.244	2.0	173	22.6	9.4	25
		68.11	0.242	1.9	168	18.4	9.1	24
	LSD	ns	ns	ns	ns	2.07*	ns	ns
	I <sub>1</sub>	95.94	0.357	2.5	217	30.3	8.6	26
	I <sub>2</sub>	85.79	0.320	2.2	201	26.3	8.6	23
	I <sub>3</sub>	24.92	0.053	1.1	95	4.6	10.5	25
	LSD	7.75**	0.03**	0.23**	27.2**	3.12**	0.9**	ns

ns: önemsiz

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli



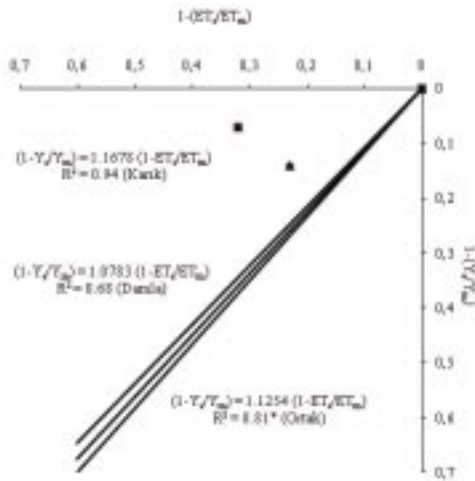
a. Karık sulama yöntemi



b. Damla sulama yöntemi

Şekil 1. Yaprak alan indeksi değerlerinin büyüme mevsimi boyunca değişimi

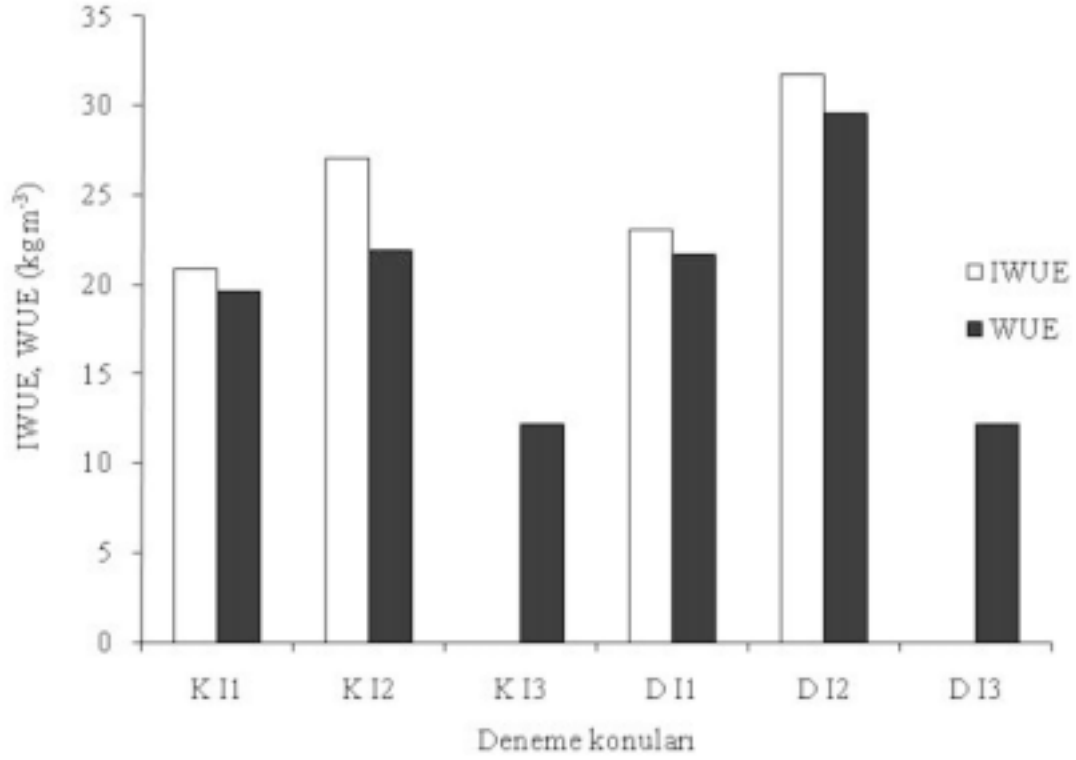
göre hazırlanan su verim ilişkisi grafiği Şekil 2' de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, II. ürün mısır bitkisinin su verim ilişkisi faktörü ( $k_s$ ), karık sulama yöntemi için 1.17, damla sulama yöntemi için 1.08 ve her iki yöntem birlikte değerlendirildiğinde 1.13 olarak bulunmuştur. Mısırın su verim ilişkisi faktörü Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından 1.25 olarak elde edilmiştir. Farklı yörelerde yürütülen birçok araştırmada uygulanan sulama programlarına, yıllara ve çeşitlere bağlı olarak mevsimlik  $k_s$  değerini; Çakır (2004) 0.81 - 1.36, Dağdelen ve ark. (2006) 1.04 ve Kaman (2007) 0.75 - 1.78 olarak bulmuşlardır. Elde edilen değerler damla sulama yönteminde daha yüksek olması, karık sulama yöntemine göre daha az sulama suyu uygulanmasına rağmen yakın yeşil ot veriminin elde edilmesi ile açıklanabilir. Bu sonuçlara göre Doorenbos ve Kassam (1979)'da belirtildiği gibi tüm büyüme mevsimi boyunca yapılacak su kısıdının, mısır bitkisinde önemli düzeyde verim azalmasına neden olacağı söylenebilir.



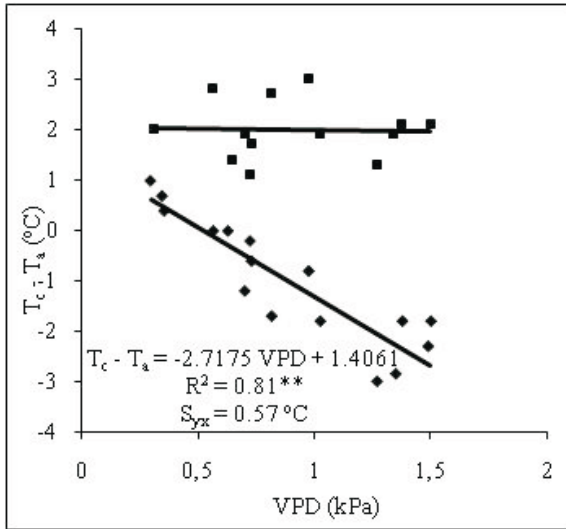
Şekil 2. Mevsimlik su verim ilişkisi faktörü

Araştırma konularına ait sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanı sonuçlarının grafiklendirildiği Şekil 3 incelendiğinde, sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri karık sulama yönteminde 20.83 - 27.00  $\text{kg m}^{-3}$ , damla sulama yönteminde ise 22.99 - 31.68  $\text{kg m}^{-3}$  arasında değişirken, su kullanım randımanları (WUE) ise sırasıyla 19.56 - 21.92  $\text{kg m}^{-3}$  ve 21.66 - 29.52  $\text{kg m}^{-3}$  arasında değişmiştir. Anılan değerler, Trakya bölgesi koşullarında İstanbulluoğlu ve Kocaman (1996) tarafından yürütülen araştırmada farklı su seviyeleri altında elde edilen toplam su kullanım randımanları (15.4 - 18.9  $\text{kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$ ) ve sulama suyu kullanım randımanları (34.8 - 101.9  $\text{kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$ ) ile paralellik göstermektedir. Genel olarak su kullanım ve sulama suyu kullanım randımanlarının sulama suyundan kısıt yapılan  $I_2$  konusunda daha yüksek bulunması, su kısıtı olan bölgelerde mısır bitkisi için sulama suyundan tasarruf yapılabileceği şeklinde açıklanabilir. Köksal (1995) tarafından yürütülen çalışmada II. ürün mısırdaki su kullanım randımanları 18.14 - 35.18  $\text{kg m}^{-3}$  arasında değişirken, Kaman (2007)'de sulama suyu kullanım randımanları kısıtlı sulama ve çeşitlere göre 8.87  $\text{kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$  ve 39.81  $\text{kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir.

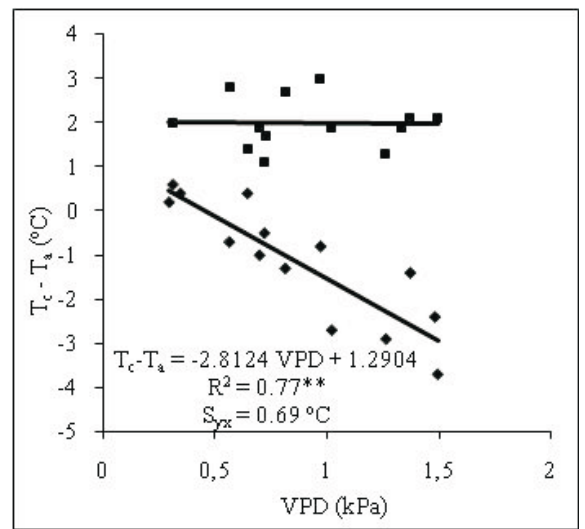
Araştırmada karık ve damla sulama yöntemi ile sulanan mısır bitkisi için maksimum ve minimum su stresi koşullarında elde edilen üst ve alt sınır değerlerini gösteren temel grafikler Şekil 4' de verilmiştir. Şekillerden izlenebileceği gibi silajlık mısır bitkisi için Tekirdağ koşullarında her iki sulama yöntemi için üst baz değeri 2 C civarında değişmiştir. Anılan değer bu konuda yürütülmüş araştırmalarda 1.61 - 5 °C aralığında değişmektedir (Steele ve ark., 1994; Nielsen ve Gardner, 1987; İrmak ve ark., 2000; Payero ve İrmak, 2007).



Şekil 3. Mısır bitkisi için farklı su düzeylerinde elde edilen sulama suyu ve su kullanım randımanları



a. Damlı

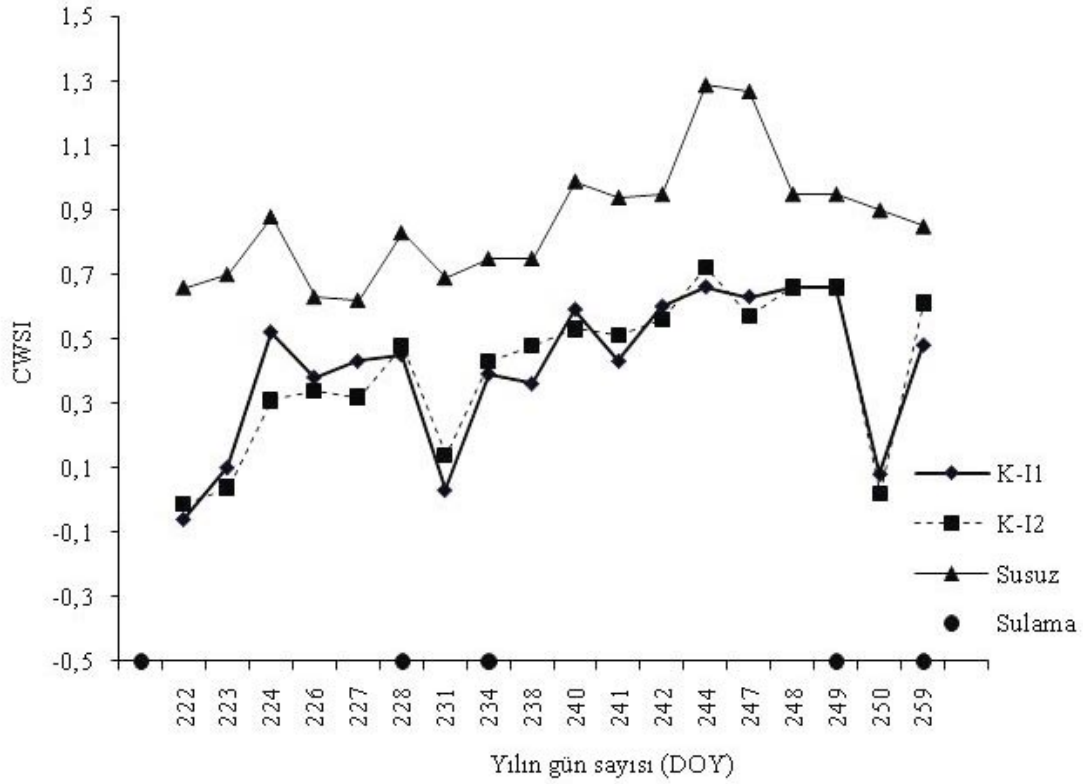


b. Karık

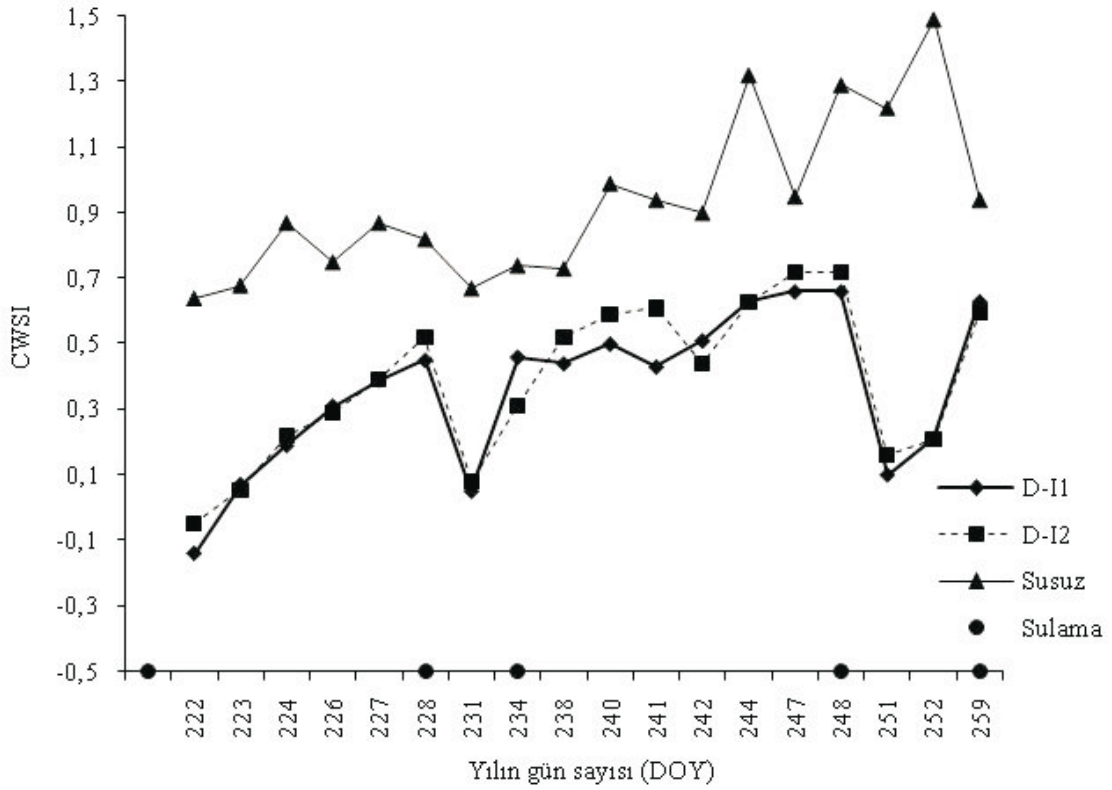
Şekil 4. Mısır bitkisi için maksimum ve minimum stres koşullarında yaprak hava sıcaklığı farkı ( $T_c - T_a$ ) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişki

Deneme konularından alınan ölçümlerden ve baz değerlerinden hesaplanan CWSI değerlerinin değişimleri her iki yöntem için Şekil 5 ve 6' da verilmiştir. CWSI değerleri genellikle su stresinin uygulanmadığı K-I<sub>1</sub> ve D-I<sub>1</sub> konularında en düşük, susuz deneme konusunda ise en yüksek olmuştur. Sulama ve ölçüm dönemi boyunca konulara göre değişen mevsimlik ortalama CWSI ile sulama

öncesindeki ortalama CWSI değerleri Çizelge 5' de verilmiştir. Sulanan deneme konularında CWSI değerleri, toprak neminin en düşük değere ulaştığı sulama öncesinde, en yüksek değere ulaşmış, sulamanın ertesi günü ise en düşük değere düşmüştür. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, özellikle sulama uygulamalarında, konular arasında ortalama CWSI değerlerindeki değişimin az olması, su



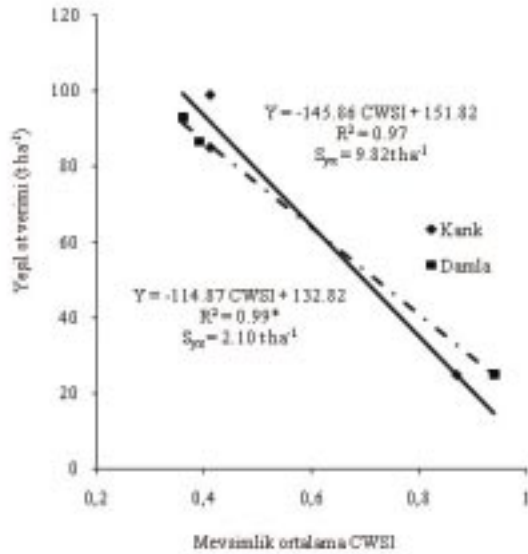
Şekil 5. Karık sulama yöntemi altında mısır bitkisinin CWSI değişimleri



Şekil 6. Damla sulama yöntemi altında mısır bitkisinin CWSI değişimleri



kısıdından doğan stres farkının düşük olduğunu göstermektedir. Hiç sulama yapılmayan susuz konuda ise elde edilen 0.87 ve 0.94 ortalama CWSI değerleri stres düzeyini net olarak göstermektedir. Köksal (1995) tarafından yapılan çalışmada II. ürün mısırdaki CWSI değerleri su stresi olmayan konuda ilk yıl 0.21 - 0.43 ikinci yıl ise 0.13 - 0.40 arasında değişmiştir. Anılan değerler su kısıtı yapılan konularda 0.36 - 0.73 arasında bulunmuştur. Ayrıca verimin azalmaya başladığı sulama öncesi eşik değerleri dane verimi için 0.33 ve kuru madde üretimi için 0.32 olarak bulunmuştur. Steele ve ark. (1994)' de ise mısır için CWSI değeri 0.4 ve 0.6 düzeylerinde tutulduğunda, verimde sadece %7 ve %12 oranlarında azalmaların gerçekleştiği saptanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü yıla ait verim ve CWSI değerleri arasındaki ilişki Şekil 7' de grafiklendirilmiştir. Bu ilişkiden yararlanılarak Tekirdağ koşulları için II. ürün mısırdaki verim tahmini yapmak olası olabilir ve bu amaçla karık ve damla sulama yöntemlerinde sırasıyla “ $Y = -145.86 \text{ CWSI} + 151.82$ ” ve “ $Y = -114.87 \text{ CWSI} + 132.82$ ” denklemleri kullanılabilir.



Şekil 7. Mısır bitkisi için CWSI verim ilişkisi

## SONUÇLAR

Karık ve damla sulama yöntemleri ile farklı sulama suyu miktarları altında yetiştirilen II. ürün silajlık mısırın sulama zamanı planlaması ve bitki stres seviyesinin belirlenmesi ile uygun sulama programının üretime olan etkilerinin açıklanması amacıyla yürütülen bu çalışmada, elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde, kısıtlı su kaynağı koşullarında uygulanacak sulama suyu kısıtı yerine alandan kısıtlama yapılması ve bitki su ihtiyacının tam olarak karşılanması önerilebilir. Ancak, farklı su tasarrufu düzeyleri ile bitki stres düzeyine bağlı olarak yapılacak çalışmalar dikkate alınarak farklı sulama zamanı planları geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Alderfasi, A. ve D.C. Nielsen. 2001. Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. *Agric. Water Management*, 47, pp. 69-75.
- Ayyıldız, M. 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, 1196, Ankara.
- Başer, İ. ve T. Gençtan. 1999. Heritability and effects of some characters on silage yields in dent corn varieties (*Zea mays indentata* Sturt.) grown under drought conditions. *Korean Grass. Sci.*, 19(2), pp: 177-182.
- Bayrak, F. 1997. Bafra Ovası Koşullarında İkinci Ürün Mısırın Su Tüketimi, T.C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Samsun Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 91, Rapor Serisi No: 78, Samsun.
- Benami, A. ve M.H. Diskin. 1965. Design of Sprinkling Irrigation, Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering, Publication 23, Technicon, Israel Institute of Technology, pp: 1 - 165, Haifa, Israel.
- Blake, G.R. 1965. Bulk density methods of soil analysis. Part I., *Am. Soc. Agron.*, 9, pp: 374 - 390, Soil Science Society of America, Madison.
- Criddle, W.D., S. Davis, C.H. Pair ve D.G. Shockley. 1956. Methods for Evaluation of Irrigation Systems. *USDA Agric. Handbook*, 82 p., Washington D.C.
- Çakır, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, pp: 116.
- Dağdelen, N., E. Yılmaz, F. Sezgin ve T. Gürbüz. 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 Management.*, 82, pp: 6385.
- Doorenbos, J. ve A.H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No: 33*,

Çizelge 5. Mevsimlik ortalama CWSI ve sulama öncesi ortalama CWSI değerleri

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Ortalama CWSI	Sulama öncesi ortalama CWSI
Karak	I <sub>1</sub>	0.41	0.50
	I <sub>2</sub>	0.41	0.55
	I <sub>3</sub>	0.87	-
Damla	I <sub>1</sub>	0.36	0.55
	I <sub>2</sub>	0.39	0.54
	I <sub>3</sub>	0.94	-

- Rome, Italy.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce ve R.L. Mitchell. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Pres, 327 p., USA.
- Idso, S.B., R.D. Jackson, P.J. Pinter ve J.L. Hatfield. 1981. Normalizing the stressdegreeday parameter for environmental variability. Agric. Meteorol., 24, pp. 45-55.
- Irmak, S., Z.H. Dorota ve R. Baştuğ. 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. Agron. J., 92, pp. 1221-1227.
- İstanbuluoğlu, A. ve I. Kocaman. 1996. Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su Verim İlişkileri. Trakya Üniv. Tekirdağ Zir. Fak. Genel Yayın No: 251, Araştırma Yayın No: 97, Tekirdağ.
- Kaman, H. 2007. Geleneksel kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulama uygulamalarına bazı mısır çeşitlerinin verim tepkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Kanber, R., A. Yazar ve M. Eylen. 1990. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su-verim ilişkisi. KHM Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 173, Rapor Serisi No: 108, 77s, Tarsus.
- Karabulut, A. ve Ö. Canbolat. 2005. Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri, Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 520s., Bursa.
- Kızıloğlu, F.M., Ü. şahin, Y. Kuşlu ve T. Tunç. 2009. Determining wateryield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. Irrig. Sci., 27(2), pp. 129-137.
- Konak, C. 1994. Ege Bölgesinde Mısır Çeşitlerinin Verim Performansları. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları, İzmir.
- Köksal, H. 1995. Çukurova koşullarında II. ürün mısır bitkisi suverim ilişkileri ve CERES-Maize büyüme modelinin yöreye uygunluğunun saptanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 197s., Adana.
- List, R.J. 1971. Smitsonian Meteorological Tables, Revised Edition. Smitsonian Msc. Collections, Vol: 114, Smitsonian Institute, Washington.
- Manga, N., V. Tansı ve T. Sağlamtimur. 1991. Akdeniz bölgesinde ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır çeşitlerinde silaj verimi ve bazı agronomik karakterler üzerine hasat zamanının etkisi. Türkiye Çayır Mera Yem Bitkileri Kongresi, İzmir.
- Musick, J. T. ve D.A. Dusek. 1980. Irrigated corn yield response to water. Transactions of the ASAE, 23, pp. 92-98.
- Nielsen, D.C. ve B.R. Gardner. 1987. Scheduling irrigations for corn with the crop water stres index (CWSI), Appl. Agric. Res., 2, pp. 295-300.
- Orak, A., İ. Başer ve İ. Nizam. 2002. Mısır ve Sorgum Çeşitlerinin Yeşil Ot Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. TÜBAP-253 No' lu Proje Sonuç Raporu, Tekirdağ.
- Orta, A.H., Y. Erdem ve T. Erdem. 2003. Crop water stress index for watermelon. Scientia Hort., 98, pp. 121-130.
- Ödemiş, B. ve R. Baştuğ. 1999. İnfrared termometre tekniği kullanılarak pamukta bitki su stresinin değerlendirilmesi ve sulamaların programlanması, J of Agric. and Forestry, 23, pp. 31-37.
- Payero, J.O. ve S. Irmak. 2007. Design, construction, installation, and performance of two large repacked weighing lysimeters for measuring crop evapotranspiration. Irrig. Sci., 26(2), pp. 191-202.
- Steele, D.D., E.C. Stegman ve B.L. Gregor. 1994. Field comparison of irrigation scheduling methods for corn. Trans. ASAE, 37, pp. 1197-1203.
- Stewart, D.W. ve L.M. Dwyer. 1999. Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. Crop. Sci., 39, pp. 422-427.
- Walker, W.R. ve G.V. Skogerboe. 1987. Surface Irrigation. Theory and Practice. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, 375p., New Jersey.
- Yazar, A., A.T. Howell, D.A. Dusek ve K.S. Copeland. 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. Irrig. Sci., 18, pp. 171-180.
- Yuan, B.Z., J. Sun ve S. Nishiyama. 2004. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. Biosystem Engin., 872, pp. 237-245.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları, No: 56, Ankara.
- Zhang, H., M. Wang ve C. Liu. 1999. Water yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China Plain. Irrig. Sci., 19, pp. 37-45.

Geliş Tarihi : 24.05.2011

Kabul Tarihi : 20.06.2011

Copyright of Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty is the property of Adnan Menderes University and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.