

Gökhan ÇAMOĞLU<sup>1</sup>  
Levent GENÇ<sup>2</sup>  
Şerafettin AŞIK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. Bornova/İZMİR

e-posta: gokhan.camoglu@ege.edu.tr

<sup>2</sup> Ç.O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. ÇANAKKALE

<sup>3</sup> Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. Bornova/İZMİR

## Tatlı Mısırdaki (*Zea mays saccharata Sturt*) Su Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik Parametreler Üzerine Etkisi\*

The effects of water stress on physiological and morphological parameters of sweet corn

\* Bu çalışma doktora tezinin bir bölümüdür.

Alınış (Received): 13.08.2010 Kabul tarihi (Accepted): 13.05.2011

### Anahtar Sözcükler:

Tatlı mısır, su stresi, bitki su tüketimi, fizyoloji, morfoloji

### Key Words:

Sweet corn, water stress, evapotranspiration, physiology, morphology

### ÖZET

**B**u çalışmada, 2007 ve 2008 yıllarında Çanakkale yöresinde damla sulama ile sulanan tatlı mısırdaki (*Zea mays saccharata Sturt*) su stresinin bitki su tüketimine, fizyolojik ve morfolojik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, altı farklı sulama konusu ( $S_{100}$ ,  $S_{80}$ ,  $S_{60}$ ,  $S_{40}$ ,  $S_{20}$  ve  $S_0$ ) oluşturulmuştur. Topraktaki eksik nemin tam olarak karşılandığı kontrol konusunda ( $S_{100}$ ), ortalama mevsimlik bitki su tüketimi 453 mm ve uygulanan ortalama toplam sulama suyu miktarı ise 381 mm olarak bulunmuştur. Su stresine bağlı olarak bitki su tüketimi, klorofilmetre değeri, yaprak su içeriği, taze koçan verimi, yaprak alan indeksi ve kuru biyokütle miktarı istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmiştir. Yapılan korelasyon analizinde, söz konusu parametreler arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler bulunmuştur. Su stresinin anlık olarak belirlenmesinde, yaprak su içeriği ve klorofil değerlerinin kullanılabilmesi söylenebilir.

### ABSTRACT

**T**his study was conducted to determine the effects of water stress on evapotranspiration (ET), physiological and morphological parameters of sweet corn (*Zea mays saccharata Sturt*) irrigated with drip irrigation at Canakkale region during 2007 and 2008 crop growing seasons. For this purpose, six different irrigation treatments ( $S_{100}$ ,  $S_{80}$ ,  $S_{60}$ ,  $S_{40}$ ,  $S_{20}$  ve  $S_0$ ) were experimented. Mean seasonal ET and total irrigation were determined as 453 mm and 381 mm for first and second seasons, respectively at control treatment ( $S_{100}$ ), in which the lack of soil moisture was corresponded completely. Depending on water stress, evapotranspiration, leaf water content, chlorophyll meter reading, fresh ear yield, leaf area index and biomass amount were statistically affected. The correlations between these parameters were statistically significant. Leaf water content and chlorophyll content can be used to determine water stress as instantaneous.

### GİRİŞ

Mısır, ülkemizde tarla ürünleri arasında ekiliş alanı bakımından yedinci sırada (buğday, arpa, nohut, mercimek, pamuk, ayçiçeği), üretim miktarı bakımından ise üçüncü sırada yer alan bir üründür. Ülkemizde önemli mısır üretim bölgeleri başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere Marmara ve Akdeniz Bölgeleridir (Anonim, 2003).

Ülkemizde mısır bitkisi çok iyi tanınmasına ve geniş alanlarda yetiştirilmesine rağmen tatlı mısır üretim ve tüketim miktarları ile ilgili istatistiki bilgi bulunmamaktadır (Eşiyok ve ark., 2003).

Bitkilerde oluşabilecek su stresinin ilk belirtileri, bitki su potansiyelinin ve buna bağlı olarak oransal su içeriğinin düşmesidir. Bununla birlikte, bitkideki su stresinin gözle görülebilen ilk belirtisi yaprakların canlılığını kaybetmesi ve solmaya başlamasıdır (Khanna-Chopra ve Sinha, 1991). Bu sebeple, bitkilerdeki su stresinin algılanmasında, yaprak su potansiyeli ve oransal su içeriğinin saptanması büyük öneme sahiptir (Hsiao, 1973). Fernandez ve ark. (1997) elma ağaçlarında yaptıkları çalışmada; su stresinin bitki su içeriği, gaz alışverişi ve klorofil miktarı üzerine etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Kırnak ve Demirtaş (2002), farklı su stresi seviyelerinde kiraz fidanlarının fizyolojik (yaprak su potansiyeli, yaprak oransal su kapsamı, klorofil miktarı) ve morfolojik (sürgün uzunluğu, yaprak alanı, gövde çapı) tepkilerini araştırmışlardır. Dört farklı sulama düzeyinde (faydalı suyun %100, %75, %50 ve %25'i) yürüttükleri çalışmada, su stresi uygulanan konularda; büyümenin, yaprak su potansiyelinin, yaprak oransal nem içeriğinin ve klorofil miktarının azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, mısırdaki yapılan bir çok çalışmada, uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak bitki su tüketimi, verim, yaprak alanı ve biyokütle gibi parametrelerin önemli oranda değiştiği bildirilmiştir (Kırnak ve ark., 2003; Şimşek ve ark., 2003; Karimi ve ark., 2005; Sarımeçmetoğlu, 2007).

Ülkemizde ve dolayısıyla da Çanakkale yöresinde su stresinin mısıra etkileri konusunda birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen tatlı mısırla ilgili çalışmalar daha az sayıda kalmıştır. Bu nedenle çalışmada, Çanakkale yöresinde damla sulama yöntemi ile sulanan tatlı mısırdaki farklı su stresi koşullarının, bitkinin fizyolojik (klorofil ve yaprak su içeriği) ve morfolojik (dekara taze koçan verimi, yaprak alan indeksi, kuru biyokütle) özelliklerinde ve su tüketiminde meydana getirebileceği değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, 2007 ve 2008 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama alanında yürütülmüştür. Araştırmada, bitki materyali olarak Merit adlı hibrit tatlı mısır (*Zea mays saccharata* Sturt.) çeşidi kullanılmıştır.

Deneme alanı topraklarının 0-90 cm toprak derinliği için tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri sırasıyla 309.15 mm ve 137.40 mm'dir. Denemenin yapıldığı 2007 ve 2008 yıllarında yetiştirme periyodu

boyunca gerçekleşen aylık ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla yaklaşık 24 °C ve 23 °C, toplam yağış miktarı ise sırasıyla 80 mm ve 41 mm olmuştur (Anonim, 2009).

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü kurulmuştur. Denemede 7 günde 0-90 cm toprak derinliğinde tüketilen suyun tarla kapasitesine getirildiği kontrol konusu ( $S_{100}$ ) ve kontrol konusunda tüketilen suyun %80 ( $S_{80}$ ), %60 ( $S_{60}$ ), %40 ( $S_{40}$ ), %20 ( $S_{20}$ ), %0 ( $S_0$ )'ünün uygulandığı 5 kısıtlı sulama konusu olmak üzere toplam 6 konu ele alınmıştır.

Tohumlar, sıra arası 0.70 m ve sıra üzeri 0.20 m olacak şekilde ekim makinesiyle yaklaşık 5 cm derinliğe ekilmiştir. Ekim, 2007 yılında 12 Mayıs ve 2008 yılında 15 Mayıs tarihlerinde yapılmıştır. Deneme parselleri 10 m x 3.5 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Her deneme parselinde 5 bitki sırası yer almıştır. Her parselin kenar sıraları, ortadaki sıraların başı ve sonunda yer alan bitkiler kenar etkisi için ayrılmıştır.

Can suyu niteliğindeki ilk sulama suyu, ekimden hemen sonra tüm konularda 90 cm toprak derinliğindeki mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek şekilde uygulanmıştır. Konulara göre sulamalara, tüm konularda 90 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir su düzeyi yaklaşık olarak %50'ye düştüğünde başlanmıştır. İlk yıl ekimden 42 gün, ikinci yıl ise 36 gün sonra sulamalara başlanmıştır.

Denemede, damla sulama sistemi kullanılmıştır. Her sulamada verilen sulama suyu miktarları örtü yüzdesi ile düzeltilmiştir. Sulama suyu, deneme alanında bulunan bir keson kuyudan sağlanmış olup, elektriksel iletkenliği 1.15 dS/m'dir. Deneme parsellerine suyu denetimli verebilmek amacıyla, her parselin başına küresel vana ve su sayacı yerleştirilmiştir. Sistemde, 75 mm çapında ve 6 atm işletme basınçlı PVC malzemedeki yapılmış ana ve yan boru ile 16 mm çaplı ve 4 atm işletme basınçlı PE malzemedeki oluşan damla sulama boruları kullanılmıştır. 33 cm aralıklı ve 4 l/h debili hat içi damlatıcılara sahip damla sulama boruları her bitki sırasına bir hat gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

Bitki su tüketimi toprak su bütçesi esasına göre belirlenmiştir (James, 1988). Bu amaçla 7 günde bir 120 cm toprak profilinin her 30 cm'sinden örnekler alınmış ve nem içerikleri gravimetrik yöntemle göre belirlenmiştir. Etkili bitki kök derinliği 90 cm alınmıştır. 90-120 cm toprak katmanındaki nem miktarı derine sızma olup olmadığının takibi için izlenmiştir. Damla sulama yöntemi kullanıldığı için yüzey akış sıfır kabul edilmiştir.

Yetiştirme periyodu boyunca her iki yılda da toplam iki gübre uygulaması yapılmıştır. İlk gübreleme, taban gübresi şeklinde ekimden önce dekara 35 kg 15-15-15

NPK; ikinci gübreleme ise bitki boyunun yaklaşık 50 cm olduğu dönemde damla sulama sisteminde yer alan gübre tankı vasıtasıyla dekara 200 gr 20-20-20 NPK içeren B5A sıvı organik gübre şeklinde uygulanmıştır.

Yaprak su içeriği (YSİ) her sulama sonrasında belirlenmiştir. Bu amaçla, üç bitkiden gelişimini tamamlamış üç yaprak örneği alınmıştır. Alınan bu yaprak örnekleri, su kaybını önlemek amacıyla buzluğa yerleştirilip hızlıca laboratuvara getirilmiştir. Burada, yaş ağırlıkları alınmış ve etüvde 70 °C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar yaklaşık 24-48 saat kurumaya bırakılmıştır. Elde edilen yaş ve kuru ağırlıklar farkının kuru ağırlığa oranlanmasıyla yaprak su içeriği hesaplanmıştır (Hughes ve ark., 1970, Turner, 1981, Penuelas ve ark., 1997; Jones ve ark., 2004).

Yapraktaki klorofil miktarı Spectrum Fieldscout CM 1000 serisi klorofilmetre aletiyle ölçülmüştür. Klorofilmetreyle yapılan ölçümler yetiştirme periyodu boyunca sulama öncesi ve sonrası olmak üzere aynı bitki ve yapraklarda yapılmaya çalışılmıştır. Ölçümler, havanın bulutlu olmadığı günlerde ve güneşin yeryüzüne geliş açısının en az değiştiği saat 10:00 ile 14:00 arasında gerçekleştirilmiştir. Yetiştirme periyodu boyunca aynı ışıklılık indeksi (brightness indeks) değerinde (BRT=4) ölçüm yapılmıştır. Klorofilmetre, ölçüm sırasında yaprak üzerinde gölge oluşturmayacak şekilde tutulmuş ve alet üzerinden çıkan iki lazer ışığının üst üste geldiği durumda art arda üç okuma yapılarak klorofil ölçme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Verim, dekara kavuzlu taze koçan olarak elde edilmiştir. Bu amaçla ekimden ortalama 87 gün sonra kenar etkisi dışındaki koçanlar elle toplanarak hasat edilmiş ve tartılarak dekara verim olarak hesaplanmıştır. Hasat işlemleri 2007 ve 2008 yıllarında sırasıyla 09 Ağustos ve 07 Ağustos tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

Kuru biyokütleyi (KBK) belirlemek için hasat öncesinde her bir parselden rastgele seçilen on bitkinin toprak üstü aksamı kesilmiştir. Alınan bu bitki örnekleri etüvde 70 °C'de yaklaşık 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış ve kg/da olarak kuru biyokütle miktarı belirlenmiştir (Penuelas ve ark., 1997).

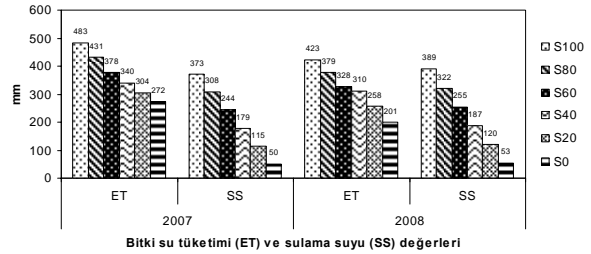
Yaprak alan indeksi (YAI), LI-COR LAI-2000 yaprak alan ölçer ile belirlenmiştir. Ölçümler, her hafta havanın bulutlu olmadığı günde ve sabah ile akşam saatleri dışında gerçekleştirilmiştir. Yetiştirme periyodu süresince güneş şiddetine bağlı olarak ölçüm işlemlerinde 270 ve 353°'lik maskeleme kullanılmıştır. Ölçüm işlemi, bir defa bitkinin üzerinden gökyüzüne bakacak şekilde ve dört defa bitkinin en alt kısmından yukarıya bakacak şekilde yapılmıştır.

Konular arasında fark olup olmadığı varyans analiziyle, farkın önemli olması durumunda ise bu farkın hangi konular arasında olduğu Duncan testiyle belirlenmiştir. Parametreler arasındaki ilişkiler korelasyon analiziyle saptanmıştır. Bu testler SPSS 13.0 (SPSS, 2004) paket programı yardımıyla yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu Miktarı

Konulara uygulanan toplam sulama suyu (SS) miktarları ile bitki su tüketimi (ET) değerleri 2007 yılında sırasıyla 50-373 mm ve 271.6-483.2 mm arasında değişirken, 2008 yılında 53-389 mm ve 201.4-423.0 mm arasında değişmiştir (Şekil 1). Verilen sulama suyu miktarına karşılık elde edilen bitki su tüketimi değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, yetiştirme periyodu boyunca meydana gelen yağışlar ve hasada doğru sulamaların kesilmesine rağmen toprakta bulunan mevcut nemden bitkilerin yararlanmaya devam etmesi ile açıklanabilir.



Şekil 1. 2007 ve 2008 yıllarında mısır bitkisine uygulanan sulama suyu miktarları ve elde edilen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri.

Mısır bitkisine yetiştirme periyodu boyunca uygulanan sulama suyu miktarlarını ve buna bağlı olarak elde edilen bitki su tüketimi değerlerini; Bayrak (1979) Bafra Ovası koşullarında 420.4 mm ve 672.6 mm, Ul (1990) Menemen koşullarında 98.1-384.0 mm ve 204.2-563.3 mm, Gündüz ve Beyazgül (1998) Balıkesir koşullarında 586 mm ve 761 mm, Öktem ve ark. (2002) yarı kurak iklim koşullarında denemenin ilk yılında 610-876 mm, ikinci yılında 612-889 mm, Kırnak ve ark. (2003) Harran Ovası koşullarında ilk 1215 mm ve 1320 mm, ikinci yıl ise 1295 mm ve 1435 mm olarak bulmuşlardır.

### Fizyolojik Bulgular

#### Yaprak su içeriği

Elde edilen YSİ değerleri, sulama konularına bağlı olarak istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir. YSİ, vejetatif dönemde %273-356, çiçeklenme döneminde %222-325 ve tane dolumu-hasat döneminde %117-

247 arasında değişmiştir. Genel itibariyle en düşük değer  $S_0$ , en yüksek değer ise  $S_{100}$  konusunda olduğu söylenebilir (Çizelge 1).

Konular arasındaki farklılığın, çiçeklenme ve tane dolumu-hasat dönemlerinde daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Bu durum, su kısıtının uygulanmaya başlandığı vejetatif dönemde yaprakların hala su tutmaya devam etmesi, yani bitkinin henüz strese tam anlamıyla girmemiş olması, ancak ilerleyen zamanlarda toprakta giderek suyun azalması sonucunda yaprak su içeriğinde de belirgin bir azalışın olması ile açıklanabilir.

Konuların büyüme dönemlerine göre değişimi incelendiğinde, her iki yılda da sadece  $S_{100}$  konusu vejetatif ve çiçeklenme döneminde aynı grupta yer

alırken, tane dolumu ve hasat döneminde belirgin bir şekilde düşerek farklı bir grupta yer almıştır. Diğer konuların tümünde ise her büyüme döneminde YSI değerleri gittikçe düşerek istatistiksel olarak farklılık göstermiştir.

$S_{100}$  konusundaki YSI değerinin tane dolumu-hasat döneminde azalarak farklı bir grupta yer almasının, mısır bitkisinin bu dönemde topraktaki mevcut suyun önemli bir kısmını tane oluşumunda kullanması sonucunda yapraklara iletilen suyun azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer konulardaki YSI değerlerinin her büyüme döneminde farklı grupta yer alması ise toprakta mevcut kullanılabilir suyun azalması sonucunda yapraklardaki su içeriğinin de azalması şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 1. Mısır bitkisinin büyüme dönemlerine göre YSI (%) değerleri

SK	2007*			2008*		
	V	Ç	T	V	Ç	T
$S_{100}$	356 A a	315 A a	247 A b	333 A a	325 A a	232 A b
$S_{80}$	341 A a	305 A b	224 B c	321 AB a	285 B b	216 B c
$S_{60}$	319 AB a	289 B b	186 C c	316 ABC a	272 C b	199 C c
$S_{40}$	317 AB a	269 C b	180 C c	309 BC a	269 CD b	183 D c
$S_{20}$	294 BC a	245 D b	152 D c	301 CD a	262 D b	180 D c
$S_0$	273 C a	222 E b	117 E c	286 D a	235 E b	181 D c

\*:  $p < 0.05$ , SK: Sulama konusu, V:Vejetatif dönem, Ç: Çiçeklenme dönemi, T: Tane dolumu-hasat dönemi

**Not:** Her bir büyüme döneminde yer alan farklı büyük harfler, sulama konuları arasındaki; her bir konudaki farklı küçük harfler ise söz konusu yılın büyüme dönemleri arasındaki farkların önemli olduğunu belirtmektedir.

Çizelge 2. 2007 ve 2008 yıllarında mısır bitkisinin konulara göre sulama öncesi ve sulama sonrası büyüme dönemlerine ilişkin KO değerleri

Sulama Konusu	Sulama Öncesi			Sulama Sonrası		
	V	Ç	T	V	Ç	T
<b>2007*</b>						
$S_{100}$	259 A ns	280 A ns	314 A ns	253 A ns	273 A ns	241 A ns
$S_{80}$	246 A ns	239 B ns	257 B ns	199 B b	253 B a	183 B b
$S_{60}$	212 B b	235 B a	198 C b	238 A a	226 C a	165 C b
$S_{40}$	183 BC ns	190 C ns	166 D ns	170 BC ns	183 D ns	138 D ns
$S_{20}$	151 CD a	165 D a	130 E b	170 BC a	144 E ab	128 D b
$S_0$	167 D a	132 E b	111 E c	141 C a	108 F b	80 5 E c
<b>2008*</b>						
$S_{100}$	222 A a	275 A b	277 A b	252 A b	290 A a	262 A b
$S_{80}$	221 A ns	229 B ns	248 B ns	233 AB ns	246 B ns	236 B ns
$S_{60}$	188 B ns	197 C ns	202 C ns	212 BC ns	217 C ns	204 C ns
$S_{40}$	182 B ns	174 D ns	175 D ns	203 C a	190 D a	169 D b
$S_{20}$	171 BC a	149 E b	149 E b	176 D a	155 E b	136 E c
$S_0$	155 C a	133 F b	123 F b	150 E a	127 F b	115 F b

\*:  $p < 0.05$ , ns: önemsiz ( $p \geq 0.05$ ), V: Vejetatif dönem, Ç: Çiçeklenme dönemi, T: Tane dolumu-hasat dönemi,

**Not:** Her bir büyüme döneminde yer alan farklı büyük harfler, sulama konuları arasındaki; her bir konudaki farklı küçük harfler ise büyüme dönemleri arasındaki farkların önemli olduğunu belirtmektedir.

Hsiao (1973) ve Khanna-Chopra ve Sinha (1991), topraktaki mevcut kullanılabilir suya bağlı olarak yapraktaki su içeriğinin de değiştiğini ve su stresinin belirlenmesinde yaprak su içeriği değerlerinin kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Mısır bitkisinde yapılan çalışmalarda su stresinin artışına bağlı olarak yaprak su içeriğinin düştüğü belirtilmiştir (Sanchez-Diaz ve Kramer, 1971; Dwyer ve Stewart, 1985; Pelleschi ve ark., 1997).

Ayrıca Penuelas ve ark. (1994) ayçiçeğinde; Kırnak ve Demirtaş (2002) kirazda; Köksal ve ark. (2006) yeşil fasulyede yaptığı çalışmalarda da, yine uygulanan su stresine bağlı olarak yapraktaki su içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir.

### Klorofilmetre okumaları

Klorofilmetre okumaları (KO), sulama öncesi ve sulama sonrası olarak değerlendirildiğinde, vejetatif dönemde sırasıyla 151-259 ve 141-253; çiçeklenme döneminde sırasıyla 132-280 ve 108-290; tane dolumu-hasat döneminde 111-314 ve 80-262 arasında değişmiştir (Çizelge 2). KO değerleri, verilen sulama suyunun artmasına bağlı olarak istatistiksel olarak önemli düzeyde artmış ve vejetatif dönem dışındaki büyüme dönemlerinde en yüksek değer en çok sulama suyu uygulanan S<sub>100</sub> konusunda, en düşük değer ise ekim dışında hiç sulama suyu uygulanmayan S<sub>0</sub> konusunda elde edilmiştir. Vejetatif dönemde KO değerleri konulara göre tam anlamıyla ayırt edici olamamıştır. Bu durum, söz konusu dönemde, konulara göre sulamaya yeni başlanmış olması ve buna bağlı olarak bitkilerin henüz strese girmemiş olması ile açıklanabilir. Bu dönem dışındaki tüm dönemlerde, hem sulama öncesinde hem de sulama sonrasında, konular arasında genellikle altı grup oluşmuş (2007 yılı sulama öncesi çiçeklenme dönemi ile sulama öncesi ve sulama sonrası tane dolumu-hasat döneminde konular arasında beş grup oluşmuş) ve uygulanan strese bağlı olarak KO değerlerindeki farklılıklar ön plana çıkmıştır (Çizelge 2).

Konuların büyüme dönemlerine göre değişimi incelendiğinde, genel olarak tane dolumu-hasat döneminde KO değerlerinin düştüğü söylenebilir. 2007 ve 2008 yılları birlikte değerlendirildiğinde, sadece S<sub>0</sub> ve S<sub>20</sub> konusunun KO değerleri hem sulama öncesi hem de sulama sonrasında büyüme dönemlerine göre farklı grup oluşturmuştur (Çizelge 2). Bu da, aşırı su stresi çeken bitkilerdeki klorofil değerinin zamana bağlı olarak hızla düştüğünün bir göstergesi olarak açıklanabilir.

Verilen sulama suyu miktarına bağlı olarak yapraklardaki klorofil miktarının değiştiği, yani su stresine karşı bitkilerin klorofil oranını azalttığı bir çok araştırmacı (Kaynaş ve Eriş, 1995; Fernandez ve ark.,

1997; Kırnak ve Demirtaş, 2002; Demirtaş ve Kırnak, 2009) tarafından da belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada da yapraktaki klorofil içeriğine bağlı olarak değişen klorofilmetre okumalarının sulama konularına göre farklılık göstermesi diğer çalışmalar ile uyum içerisinde olduğunu göstermektedir.

### Morfolojik Bulgular

#### Taze koçan verimi ve kuru biyokütle

Yapılan varyans analizi sonucunda, kavuzlu taze koçan verimleri ve kuru biyokütle değerleri, konulara göre %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. 2007 ve 2008 yıllarında konulara göre mısırın taze koçan verimleri (kg/da) ve hasat öncesi kuru biyokütle miktarları (kg/da)

Sulama Konusu	2007*		2008*	
	Verim	Biyokütle	Verim	Biyokütle
S <sub>100</sub>	2369 a	1990 a	2193 a	2013 a
S <sub>80</sub>	1894 b	1352 b	1811 b	1486 b
S <sub>60</sub>	1363 c	1183 b	1366 c	1263 c
S <sub>40</sub>	845 d	771 c	1094 d	1029 d
S <sub>20</sub>	700 d	420 d	773 e	641 e
S <sub>0</sub>	129 e	289 d	314 f	432 f

\*: p < 0.05,

**Not:** Her bir sütündeki farklı küçük harfler sulama konuları arasındaki farkların önemli olduğunu belirtmektedir.

Denemenin ilk yılında elde edilen verim miktarları, en düşük 129 kg/da ile S<sub>0</sub> konusunda, en yüksek 2369 kg/da ile de S<sub>100</sub> konusunda olmuştur. Denemenin ikinci yılında da en düşük verim S<sub>0</sub> (314 kg/da) ve en yüksek verim S<sub>100</sub> (2193 kg/da) konusundan elde edilmiştir. Diğer konulardaki verim miktarları söz edilen rakamlar arasında değişiklik göstermiştir. Eşiyok ve ark. (2004) tarafından İzmir-Bornova'da ve Öktem ve Öktem (2006) tarafından Harran Ovası'nda yapılan çalışmalarda, aynı tatlı mısır çeşidinde taze koçan verimleri sırasıyla 2192 kg/da ve 1515 kg/da olarak elde edilmiştir. İzmir yöresinde yapılan bir çalışmada, 17 farklı tatlı mısır çeşidinde ortalama taze koçan verimi 1926.7 kg/da olarak bulunmuştur (Bozokalfa ve Eşiyok, 2006). Çanakkale ilinde yapılan ve Jubilee, 6SV3224, 6S717 ve 6SH2201 melez tatlı mısır genotiplerinin kullanıldığı başka bir çalışmada, taze koçan verim değerleri sırasıyla 1776.5 kg/da, 1532.5 kg/da, 1442.2 kg/da ve 916.2 kg/da olarak elde edilmiştir (Egesel ve ark., 2007). Bursa yöresinde yapılan çalışmada tatlı mısır taze koçan verimleri 1653.4 kg/da ile 1954.8 kg/da arasında bulunmuştur (Turgut ve Balcı, 2002).

Kuru biyokütle miktarları bakımından denemenin ilk yılında konular arasında dört grup oluşurken, ikinci yılında her konu farklı grupta yer alarak toplam altı grup oluşmuştur. Her iki yılda konuların kuru biyokütle miktarları 289 kg/da ( $S_0$  konusu) ile 2013 kg/da ( $S_{100}$  konusu) arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3). Karimi ve ark. (2005) Kanada'da mısırın hasat dönemindeki kuru biyokütle miktarlarının sulanan konularda 1827.5-2368.9 kg/da, sulanmayan konularda ise 1370.0-1773.8 kg/da arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Sarimehmetoğlu (2007) Çukurova koşullarında farklı mısır çeşitlerinde tam sulanan konularda hasat dönemindeki kuru biyokütle miktarlarını 1600-2000 kg/da arasında bulmuştur.

2007 yılında elde edilen verim ve kuru biyokütle miktarları özellikle stresin daha fazla uygulandığı bitkilerde bir sonraki yıla göre daha düşük olmuştur.

Bu durumun, söz konusu yıldaki sıcaklık değerlerinin daha yüksek olması ve buna bağlı olarak daha az sulanan konuların daha çok etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### Yaprak alan indeksi

Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde; büyüme dönemi içinde ölçülen ortalama YAI değerleri, vejetatif dönemde 0.97-2.04, çiçeklenme döneminde 0.99-2.92 ve tane dolumu-hasat döneminde 0.99-3.49 arasında değişmiştir (Çizelge 4).

Su stresinin artışına bağlı olarak YAI değerlerinde azalma gözlenmiştir. Yetiştirme periyodu boyunca en yüksek değer  $S_{100}$  konusundan elde edilmiştir. Vejetatif dönemde,  $S_{100}$  ve  $S_{80}$  konularının YAI değerleri arasında tam bir ayırım sağlanamasa da bu dönemden sonra belirgin biçimde farklılık gözlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. 2007 ve 2008 yıllarında bitki büyüme dönemlerine göre mısırın YAI değerleri

Sulama Konusu	2007*			2008*		
	V	Ç	T	V	Ç	T
$S_{100}$	2.04 A b	2.92 A a	3.09 A a	2.02 A c	2.79 A b	3.49 A a
$S_{80}$	1.78 AB b	2.48 B a	2.62 B a	1.71 AB b	2.27 B a	2.40 B a
$S_{60}$	1.58 BC b	2.35 BC a	2.47 BC a	1.51 BC b	2.23 B a	2.11 BC a
$S_{40}$	1.45 C b	2.12 C a	2.22 C a	1.46 BC b	1.93 C a	2.08 BC a
$S_{20}$	1.31 C ns	1.52 D ns	1.65 D ns	1.26 CD ns	1.36 D ns	1.61 C ns
$S_0$	0.97 D ns	1.12 E ns	1.23 E ns	1.00 D ns	0.99 E ns	0.99 D ns

\*:  $p < 0.05$ , ns: önemsiz ( $p \geq 0.05$ ), V: Vejetatif dönem, Ç: Çiçeklenme dönemi, T: Tane dolumu-hasat dönemi.

**Not:** Her bir büyüme döneminde yer alan farklı büyük harfler, sulama konuları arasındaki; her bir konudaki farklı küçük harfler ise söz konusu yılın büyüme dönemleri arasındaki farkların önemli olduğunu belirtmektedir.

Çizelge 5. 2007 yılı mısır bitkisinin bazı parametrelerine ilişkin korelasyon katsayıları

Parametre	YAI	YSİ	KO	ET	SS	KBK
YSİ	0.953***					
KO	0.935***	0.943***				
ET	0.954***	0.953***	0.976***			
SS	0.970***	0.962***	0.979***	0.994***		
KBK	0.901***	0.878***	0.967***	0.955***	0.952***	
VER	0.946***	0.936***	0.965***	0.984***	0.985***	0.947***

\*\*\*:  $p < 0.001$ , YAI: Yaprak alan indeksi, YSI: Yaprak su içeriği, KO: Klorofilmetre okuması, ET: Mevsimlik bitki su tüketimi, SS: Uygulanan toplam sulama suyu miktarı, KBK: Kuru biyokütle, VER: Verim

Çizelge 6. 2008 yılı mısır bitkisinin bazı parametrelerine ilişkin korelasyon katsayıları

Parametre	YAI	YSİ	KO	ET	SS	KBK
YSİ	0.960***					
KO	0.969***	0.967***				
ET	0.966***	0.961***	0.980***			
SS	0.961***	0.967***	0.989***	0.992***		
KBK	0.970***	0.981***	0.975***	0.973***	0.981***	
VER	0.961***	0.963***	0.983***	0.988***	0.991***	0.969***

\*\*\*:  $p < 0.001$ , YAI: Yaprak alan indeksi, YSI: Yaprak su içeriği, KO: Klorofilmetre okuması, ET: Mevsimlik bitki su tüketimi, SS: Uygulanan toplam sulama suyu miktarı, KBK: Kuru biyokütle, VER: Verim

Konuların YAI değerlerinin büyüme dönemlerine göre değişimi incelendiğinde, hemen hemen tüm konuların YAI değerlerinin hasada doğru arttığı görülmektedir. Bu artma, sadece su stresinin fazla olduğu  $S_0$  ve  $S_{20}$  konularında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4). Yapılan diğer çalışmalarda da verilen sulama suyu miktarına bağlı olarak YAI değerleri önemli oranda değişmiştir (Howell ve ark., 1994; Gençođlan, 1996; Pamuk, 2003).

İki farklı hibrit mısır çeşidinde (Pioneer hibrid 3394 ve Pioneer hibrid 3225) yapılan bir çalışmada, YAI değerlerinin yetiştirme periyodu boyunca 1.25 ile 4.59 arasında değiştiği belirtilmiştir (Wilhelm ve ark., 2000). Karimi ve ark. (2005) Kanada'da yaptıkları bir çalışmada, su stresi uygulanan ve uygulanmayan konularda, mısırın YAI değerlerini en yüksek 4.23, en düşük ise 1.91 olarak bulmuşlardır.

Su stresi uygulanmayan mısır bitkisinde en yüksek YAI değerlerini; Dale ve ark. (1980) 3-5, Retta ve ark. (1991) 4, Cosculluea ve Faci (1992) 3.54, Öğretir (1993) 2.59, Howell ve ark. (1994) 4-5.5, Köksal (1995) 4.84, Gençođlan (1996) 5.03-5.35, Pamuk (2003) 4.74-5.31 olarak bulmuşlardır.

Fizyolojik-morfolojik özellikler, sulama suyu ve bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler

Mısır bitkisinin yaprak su içeriği (YSİ), klorofilmetre okuması (KO), verim (VER), yaprak alan indeksi (YAI), kuru biyokütle (KBK), mevsimlik bitki su tüketimi (ET) ve uygulanan toplam sulama suyu miktarı (SS) arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları ( $r$ ) 2007 ve 2008 yılları için sırasıyla Çizelge 5 ve Çizelge 6'da verilmiştir. Parametreler arasındaki ilişkilerin yıllara göre değişimini görmek amacıyla, her yıl kendi içinde değerlendirilmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde, tüm parametreler arasında %01 düzeyinde önemli istatistiksel ilişkilerin olduğu görülmektedir. 2007 yılında en düşük korelasyon katsayısı YSI ile KBK ( $r = 0.878$ ) arasında gerçekleşirken, 2008 yılında YSI ile YAI ( $r = 0.960$ ) arasında olmuştur. En yüksek korelasyon katsayıları ise 2007 ve 2008 yıllarında sırasıyla ET-SS ( $r = 0.994$ ) ve verim-SS ( $r = 0.991$ ) arasında gerçekleşmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre uygulanan sulama suyu miktarı ile tüm parametreler arasında önemli düzeyde ilişkilerin olduğu görülmektedir. Yani oluşabilecek bir su kısıntısında mısır bitkisine ilişkin ET, YAI, YSI, KO, KBK ve verim değerlerinin belirgin oranda azalacağı söylenebilir. Nitekim yapılan diğer çalışmalarda da belirtilen parametreler ile sulama suyu miktarı arasında yakın ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Sanchez-Diaz ve Kramer, 1971; Ul, 1990; Howell ve ark., 1994;

Penuelas ve ark., 1994; Gençođlan, 1996; Fernandez ve ark., 1997; Gündüz ve Beyazgül, 1998; Kırnak ve ark., 2003; Pamuk, 2003; Karimi ve ark., 2005; Demirtaş ve Kırnak, 2009).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çanakkale yöresinde damla sulama yöntemi ile sulanan tatlı mısırdaki farklı su stresi koşullarının, bitkinin fizyolojik ve morfolojik özelliklerinde ve su tüketiminde meydana getirebileceği değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada, su stresine bağlı olarak bitki su tüketimi, klorofilmetre değeri, yaprak su içeriği, taze koçan verimi, yaprak alan indeksi ve kuru biyokütle miktarı önemli düzeyde değişmiştir.

Su stresinin uygulanmadığı durumlarda mısırın ortalama mevsimlik su tüketimi 453 mm olmuştur.

Yapraktaki su miktarının su stresi koşullarında önemli düzeyde değiştiği belirlenmiştir. Stresin uygulanmadığı koşullarda YSI değerleri vejetatif, çiçeklenme ve tane dolumu-hasat dönemlerinde sırasıyla yaklaşık olarak ortalama %345, %320 ve %240 olmuştur. YSI, söz konusu değerlerin altına düştüğünde genel olarak stresin varlığından bahsetmek mümkün olabilir. Elde edilen sonuçlar YSI'nin su stresinin belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermekte, fakat özellikle yetiştirme periyodu başlarında birbirine yakın stres seviyelerinde YSI değerlerinin de birbirine yakın olması bu parametrenin su stresinin net olarak belirlenmesinde yetersiz kalabileceğini göstermektedir. Ancak çiçeklenme döneminden sonra her iki yılda da  $S_{100}$  konusunun en yakın stres konusundan ( $S_{80}$ ) farklı bir değer alması da bu dönemden sonra su stresini ayırt edebilmede söz konusu parametrenin başarılı olabileceği sonucunu çıkarmaktadır.

Klorofil miktarının bir göstergesi olan klorofilmetre değerleri, su stresinin artışına paralel olarak önemli düzeyde azalmıştır. Ancak bu azalma, belli bir dönemden sonra belirgin hale gelmiştir. Özellikle vejetatif dönemden sonra stres konularının klorofil miktarlarında belirgin oranda bir düşme meydana gelmiş ve konuların birbirinden farkı daha net gözlenebilmiştir. Stresin uygulanmadığı koşullarda klorofilmetre değerleri vejetatif, çiçeklenme ve tane dolumu-hasat dönemlerinde sırasıyla yaklaşık olarak ortalama 247, 280 ve 274 olarak elde edilmiştir. Bu durumda klorofilmetre değerleri söz konusu değerlerin altına düştüğüne genel olarak stresin varlığından bahsetmek mümkün olabilecektir. Sonuç olarak hem sulama öncesi hem de sulama sonrası söz konusu dönemden sonra klorofilmetreyle okunan değerlerin su stresini ayırt etmede başarılı oldukları söylenebilir.

Su stresinin artışına bağlı olarak morfolojik özelliklerin tümü önemli oranda azalmıştır. En yüksek değerler her iki yılda da istatistiksel olarak diğer konulardan farklı olan  $S_{100}$  konusundan elde edilmiştir. Buna göre özellikle verim açısından herhangi bir kayıp olmaması için bitki su tüketiminin tam olarak karşılanması gerektiği söylenebilir. Bu durumda yaprak alan indeksi; vejetatif, çiçeklenme ve tane dolumu-hasat dönemlerinde sırasıyla yaklaşık olarak ortalama 2.03, 2.86 ve 3.29; verim 2281 kg/da ve kuru biyokütle 2002 kg/da olmaktadır.

Yaprak su içeriği, klorofilmetre değeri, verim, yaprak alan indeksi, kuru biyokütle, mevsimlik bitki su

tüketimi ve uygulanan toplam sulama suyu miktarı arasında istatistiksel olarak %01 düzeyinde önemli ilişkiler elde edilmiştir. Yani oluşacak su stresi karşısında sözü edilen tüm parametrelerin önemli oranda değişeceği söylenebilir.

Sonuç olarak bu çalışmayla, tatlı mısırın su stresine karşı oldukça hassas olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, hiçbir su kısıtına gidilmemeli, uygun zamanda sulamalar yapılmalı ve her sulamada yeterli miktarda su verilmelidir. Bunların yanı sıra, su stresinin belirlenmesinde, yaprak su içeriği ve klorofilmetre değerlerinin kullanılabileceği söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2003. Türkiye Ziraat Odaları Birliği. Mısır Çalışma Grubu Raporu, Temmuz 2003 (1).
- Anonim, 2009. Çanakkale İli Meteorolojik Verileri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bayrak, F., 1979. Bafra Ovası Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Bafra Koşullarında Yetiştirilen Mısırın Su-Verim İlişkileri. K.H.A.E Yayınları, Genel Yayın No: 15, Seri No:13.
- Bozokalfa, M.K. ve D. Eşiyok, 2006. Bazı Tatlı Mısır Genotiplerinin Morfolojik Varyabilitesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 43(2):1-12.
- Coscolluea, F. and J.M., Faci, 1992. Development of Water Production Function of Corn by the Use of Line-Source Sprinkler, Invest. Agr. Prod. Prot. Veg., 7(2):169-194.
- Dale, R.F., Coelho, D.T. and K.P. Gallo, 1980. Prediction of Daily Green Leaf Area Index for Corn. Agronomy Journal, 72:999-1005.
- Demirtaş, M.N. ve H. Kırnak, 2009. Kayısıda Farklı Sulama Yöntemleri ve Aralıklarının Fizyolojik Parametrelere Etkisi. YYÜ Tar. Bil. Derg., 19(2):79-83.
- Dwyer, L. M. and D.W. Stewart, 1985. Water Stress Conditioning of Corn in the Field and the Greenhouse. Can J. Plant Sci., 63, p.704-710.
- Egesel, C., Turhan, H. Kahrıman, F. ve P. Özkan, 2007. Bazı Şeker Mısır (*Zea mays saccharata* Sturt.) Genotiplerinin Verim ve Bitkisel Özelliklerinin İncelenmesi. Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran, Erzurum.
- Eşiyok, D., Bozokalfa, M.K. ve K. Turhan, 2003. Tatlı Mısır Üretimi ve Beslenme Açısından Önemi, GIDA-Dünya Yayıncılık, Yıl: 8, S:2003(7):89-91. Bağcılar, İstanbul.
- Eşiyok, D., Bozokalfa, M. K. ve A. Uğur, 2004. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Şeker Mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Çeşitlerinin Verim Kalite ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 41(1):1-9.
- Fernandez, R., T., Perry, R., L. and J.A. Flore, 1997. Drought Response of Young Apple on Three Rootstocks. II. Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence, Water Relations and Leaf Abscisic Acid. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 122(6):841-848.
- Gençoğlu, C., 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stres İndeksinin Belirlenmesi ve CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 220s.
- Gündüz, M. ve M. Beyazgül, 1998. Balıkesir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. KHGM Menemen Araştırma Ens. Müd. Yayınları, Menemen/İzmir.
- Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A.D., Dusek, D.A. and K.S. Copeland, 1994. Yield and Water Use Efficiency of Corn in Resposne to LEPA Irrigation. Trans. of the ASAE, 94:2098.
- Hsiao, T.C., 1973. Plant Responses to Water Stress. Annual Review of Plant Physiology, 24:519-570.
- Hughes A.P, Cockshull K.E. and O.V.S. Heath, 1970. Leaf Area and Absolute Leaf Water Content. Annals of Botany, 34:259-265.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation Systems Design. John Wiley and Sons, New York.
- Jones, C.L., Weckler, P.R., Maness, N.O., Stone, M.L. and R. Jayasekara, 2004. Estimating Water Stress in Plants Using Hyperspectral Sensing. ASAE/CSAE Annual International Meeting, 1-4 August, Paper Number: 043065.
- Karimi, Y., Prasher, S.O., McNairn, H., Bonnell, R.B., Dutilleul, P. and P.K. Goel, 2005. Discriminant Analysis of Hyperspectral Data for Assessing Water And Nitrogen Stresses In Corn. Trans. of the ASAE, 48(2):805-813.
- Kaynaş, N., ve A. Eriş, 1995. Bazı Nektarin Çeşitlerinde Toprak Su Noksanlığının Biyokimyasal Değişimler Üzerine Etkileri. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 22:35-41.
- Khanna-Chopra, R. and K.S. Sinha, 1991. Genetic Aspects of Water Relations and Drought Resistant in Crops. Biochemical Aspects of Crop Improvement. ISBN: 0849354188 Ed. Khanna-Chopra, R., CRC Press, Boston, USA.
- Kırnak, H. ve M.N. Demirtaş, 2002. Su Stresi Altındaki Kiraz Fidanlarında Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(3):265-270.
- Kırnak, H., Gençoğlu, C. ve V. Değirmenci, 2003. Harran Ovası Koşullarında Kısıtlı Sulamanın II. Ürün Mısır Verimine ve Bitki Gelişimine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi 34(2):117-123.
- Köksal, H., 1995. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkileri ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens.199s.
- Köksal, E.S., Üstün, H., İlbeyi, A. and S. Akgül, 2006. Effect of Different Irrigation Treatments on the Spectral Reflectance Characteristic of Green Bean. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture, 4-8 April, Adana-Turkey.
- Öğretir, K., 1993. Eskişehir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens., 85s.



- Öktem, A., Şimşek, M. and A.G. Öktem, 2002. Deficit Irrigation Effects on Sweet Corn (*Zea Mays Saccharata Sturt*) with Drip Irrigation System in a Semi-Arid Region I. Water-Yield Relationships. *Agricultural Water Management*, 6:63-74.
- Öktem, A. ve A.G. Öktem, 2006. Bazı Şeker Mısır (*Zea mays saccharata Sturt*) Genotiplerinin Harran Ovası Koşullarında Verim Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *U.Ü. Zir. Fak. Derg.*, 20(1):33-46.
- Pamuk, G., 2003. II. Ürün Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Bölge Koşullarına Uygunluğunun İrdelenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Ün. Fen Bilimleri Ens., 140s.
- Pelleschi, S., Rocher, J.P. and J.L. Prioul, 1997. Effect of Water Restriction on Carbohydrate Metabolism and Photosynthesis in Mature Maize Leaves. *Plant, Cell and Environment*, 20:493-503.
- Penuelas, J., Gamon, J.A., Fredeen, A.L., Merino, J. and C.B. Field, 1994. Reflectance Indices Associated with Physiological Changes in Nitrogen- and Water-Limited Sunflower Leaves. *Remote Sens. Environ.*, 48:135-146.
- Penuelas, J., Pinol, J., Ogaya, R. and I. Fiella, 1997. Estimation of Plant Water Concentration by the Reflectance Water Index WI (R900/R970). *Int. J. Remote Sensing*, 18:2869-2875.
- Retta, A., Vanderlip, R.L., Higgins, R.A., Moshier, L.J. and A.M. Feyerherm, 1991. Suitability of Corn Growth Models for Incorporation of Weed and Insect Stresses. *Agronomy Journal*, 83:757-765.
- Sanchez-Diaz, M.F. and P.J. Kramer, 1971. Turgor Differences and Water Stress in Maize and Sorghum Leaves during Drought and Recovery. *Journal of Experimental Botany*, 24 (3):511-515.
- Sarımehmetoğlu, G., 2007. Farklı Sulama Uygulamaları Altında Mısır Çeşitlerinin Sulama Suyu Ve Gübre Kullanım Etkinliği. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens., 59s.
- Şimşek, M., Gerçek, S. ve A. Öktem, 2003. Farklı Sulama Yöntemlerinin Mısır Bitkisinde Verim ve Su Tüketimine Etkisi. GAP 3. Tarım Kongresi, 173-179, 2-3 Ekim, Şanlıurfa.
- SPSS, 2004. Brief Guide. SPSS Inc., Version 13.0, Chicago, USA.
- Turgut, İ. ve A. Balcı, 2002. Bursa Koşullarında Değişik Ekim Zamanlarının Şeker Mısırı (*Zea mays saccharata Sturt.*) Çeşitlerinin Taze Koçan Verimi ile Verim Ögeleri Üzerine Etkileri. *U.Ü. Zir. Fak. Derg.*, 16(2):79-91.
- Turner, N.C., 1981. Techniques and Experimental Approaches for the Measurement of Plant Water Status. *Plant and Soil*, 58 (1-3):339-366.
- Ul, M.A., 1990. Menemen Ovası Koşullarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Değişik Gelişim Aşamalarında Uygulanan Sulamaların Verime Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Ün. Fen Bilimleri Ens., 109s.
- Wilhelm, W.W., Ruwe, K. and M.R. Schlemmer, 2000. Comparison of Three Leaf Area Index Meters in a Corn Canopy. *Crop Science*, 40(4):1179-1183.