

Emine DURMUŞ
Uğur ÇAKALOĞULLARI
Özgür TATAR

Mısırın Su Kullanım Etkinliği ile Bazı Fizyolojik Parametrelerinin Tarla Koşullarında Karşılaştırılması

Relations Between Water Use Efficiency and Related Physiological Parameters of Maize in Field Conditions

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 35100 İzmir /Türkiye
e-posta:ozgur.tatar@ege.edu.tr

Alınış (Received): 20.07.2015

Kabul tarihi (Accepted): 24.08.2015

Anahtar Sözcükler:

Mısır, su kullanım etkinliği, evaporasyon, prolin, transpirasyon

Key Words:

Maize, water use efficiency, evaporation, proline, transpiration

ÖZET

Bu araştırmada, bazı hibrit mısır çeşitlerinin su kullanım etkinlikleri (SKE) açısından karşılaştırılması ve mısırdaki SKE ile ilgili bazı fizyolojik özelliklerin incelenmesi amaçlanmıştır. Deneme, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait deneme alanlarında, 10 farklı at dışı hibrit mısır çeşidi ile kısıtlı ve tam sulama olmak üzere iki farklı çevrede yürütülmüştür. Çalışmada, ele alınan mısır çeşitlerinin, toplam tane verimi, tek bitki kuru ağırlığı, bin tane ağırlığı, transpirasyon miktarı ve kanopi içi evaporasyon miktarları, su kullanım etkinlikleri ve prolin içerikleri incelenmiştir. Kısıtlı sulama sonucu, çeşitlere ait ortalama toplam tane verimi, toplam kuru ağırlık ve bin dane ağırlıklarında istatistikî olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Tam ve kısıtlı olmak üzere uygulanan iki farklı sulamanın, çeşitlerin ortalama transpirasyon miktarları üzerine etkisi önemsizken, ortalama evaporasyon değerleri arasında ki farklar önemli bulunmuştur. Gerçekleştirilen % 20'lik su kısıtlaması sonucu hem transpirasyona dayalı (SKE_{tr}) hem de sulama miktarına dayalı (SKE_{ir}) su kullanım etkinliği değerlerinde artış meydana gelmiş olup tam ve kısıtlı sulama koşullarında ortalama SKE_{tr} değerleri sırası ile 3.97 mg/g ve 4.42 mg/g olarak gerçekleşmiştir. SKE_{ir} değerinde de benzer artış kaydedilmiş olup tam ve kısıtlı sulama koşullarında sırası ile 1.77 kg/ton ve 2.04 kg/ton değerleri elde edilmiştir. XTH8406 hibrit mısır çeşidi, hem SKE_{tr} hem de SKE_{ir} değerleri açısından öne çıkan çeşit olmuş ve su kullanım etkinliğini arttırmaya yönelik ıslah çalışmalarında kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare some hybrid maize genotypes in terms of water use efficiency (WUE) and examine some physiological traits associated with WUE in maize. The experiment is conducted with 10 different hybrid maize genotypes and 2 different environments which are deficit and full irrigation in experimental fields of Ege University, Faculty of Agriculture, and Department of Field Crops. Total grain yield, total dry weight, thousand grain weight, transpiration, evaporation, water use efficiencies and proline content of plants were determined in maize genotypes. As a result of deficit irrigation, there was no significant effect on total grain yield, total dry weight and thousand grain weights of genotypes. Total transpiration of genotypes were not significantly affected by different irrigation applications, while total evaporation from the canopies varied. Water deficit (% 20) caused an increase in both transpiration based water use efficiency (WUE_{tr}) and irrigation based water use efficiency (WUE_{ir}). Average WUE_{tr} values were 3.97 mg/g and 4.42 mg/g under full and deficit irrigation conditions, respectively. Similar increases were recorded in WUE_{ir} values which are 1.77 kg/ton and 2.04 kg/ton under full and deficit irrigation conditions, respectively. XTH8406 had better performance than other genotype in terms of WUE_{tr} and WUE_{ir}. Furthermore, it may be suggested that XTH8406 had a potential for breeding programmes to increase water use efficiency.

GİRİŞ

Dünya tahıl ekilişinde buğdaydan sonra ikinci, üretimde ise birinci sırada yer alan mısır (FAO, 2013), insan gıdası ve hayvan yemi olarak değerlendirilmesinin yanı sıra endüstride; nişasta, şurup, şeker, bira ve alkol yapımında da kullanılmaktadır (Süzer, 2003).

Mısır bir C4 bitkisi olup C3 bitkilerine göre karbondioksiti, solar radyasyonu ve suyu daha etkin kullanmasına rağmen, su stresine daha hassastır ve yetiştirme dönemi boyunca istediği su miktarı diğer tahıllardan farklılık gösterir (Huang vd., 2006). Mısır bitkisinin su eksikliğine göstermiş olduğu tepkiler, gelişme dönemlerine göre farklı olmakla beraber (Cakir, 2004; Huang vd., 2006) yağış rejiminin düzenli olması ve yağışın önemli miktarının olgunlaşma döneminde gerçekleşmesi istenmektedir (Şahin, 2001). Mısır tarımının sulanmadan gerçekleştirilebilmesi için yıllık yağışın ortalama 500-1200 mm kadar olması gerekmektedir (Belfield ve Brown, 2008). Ancak Ülkemizde yıllık yağış miktarının ortalama 500-600 mm ve üzerinde olduğu bölgelerde dahi, yağış dağılımının istenilen düzeyde olmamasından ötürü mısır tarımı büyük ölçüde sulanarak yapılır. Bunun yanında küresel ısınma neticesinde azalan su kaynakları, tüm Dünya'da olduğu gibi Ülkemizde de kültür bitkilerinde sulama işlemini kısıtlamaktadır (Tatar ve Atasoy, 2012). Bitkisel üretimde su kullanım etkinliği (SKE)'nin artırılması, mevcut iklim koşullarında ve küresel ısınmaya dayalı su problemlerinin yaşanacağı gelecek koşullar altında, verimliliği ve adaptasyonunu belirlemede kritik rol oynayacaktır (Xu vd., 2004). Genel bir tabir ile kullanılan birim su miktarına karşılık elde edilen ürün olarak tanımlanan Su Kullanım Etkinliği; *i.* Toprağın su tutma kabiliyeti, *ii.* Bitkinin topraktaki mevcut suya erişebilmesi, *iii.* Bitkinin suyu, biyokütle çevirebilmesi ve *iv.* Bitkinin oluşturduğu biyokütleyle daneye aktarabilmesine bağlıdır (Passioura ve Angus, 2010).

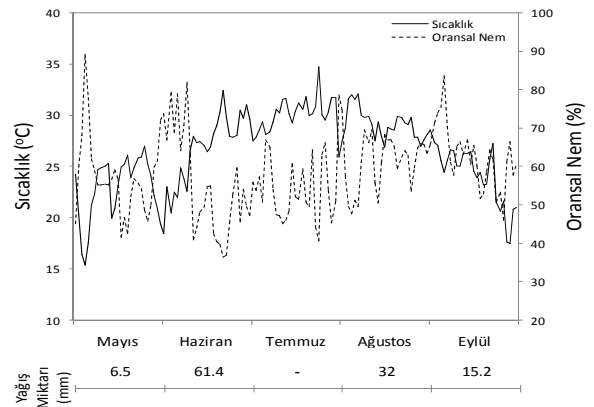
Gençoğlan ve Yazar (1996) farklı düzeylerdeki su kısıntılarının, mısır bitkisinin su kullanım etkinliğine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 6 farklı sulama uygulamasından elde ettikleri su kullanım etkinlikleri değerleri 0.22-1.25 kg/da mm arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.. Dağdelen vd. (2005), yürüttükleri çalışmalarında ise kısıtlı suyun veya su stresinin mısır bitkisinin su kullanım etkinliklerine etkileri değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, 5 farklı sulama uygulaması gerçekleştirmişler, su kullanım etkinliklerinin 1.65-2.15 kg/m³ arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Mevcut çalışmada, 10 farklı mısır hibrit çeşidinin, tarla koşullarında su kullanım etkinliklerinin belirlenmesi ve mısır bitkisinde su kullanım etkinliği ile ilişkili bazı fizyolojik parametrelerin incelenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma, 2014 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait deneme alanlarında tam ve kısıtlı sulama olmak üzere iki farklı çevrede yürütülmüştür. Deneme alanları, deniz seviyesinde olup 38°27'6", 27°13'32"E enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Orta enlem kuşağında yer alan İzmir İli'nin, kıyı şeridinde yer alması nedeniyle Akdeniz iklimi karakterine sahiptir. Deneme alanına ait sıcaklık ve oransal nem değerleri veri toplayıcı Tinytag Plus® cihazıyla bir saat aralıklarla, yağış ise plüviyometre cihazı ile günlük olarak kaydedilmiştir. Deneme süresince toplam 115.1 mm yağışın gerçekleştiği belirlenmiştir. Deneme süresi boyunca araştırmanın yürütüldüğü alana ait sıcaklık, oransal nem ve yağış miktarına ait grafik Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Deneme alanına ait 2014 yılı için mısır yetiştirme periyodu süresince kaydedilen; sıcaklık (°C), oransal nem (%) ve yağış miktarı (mm) çizelgesi.

Figure 1. Temperature (°C), relative humidity (%) and rain amount (mm) in experimental field during growing season of 2014.

Deneme alanına ait topraklar, killi tın bünye özelliği gösterip hafif alkali ve kireççe orta düzeydedir (Tatar, 2011). Araştırmada bitki materyali olarak MayAgro'dan temin edilen, bölge ekolojik koşullarına uygun, 10 farklı yüksek verimli hibrit at dişi mısır çeşidi kullanılmıştır.

Yöntem

Deneme, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre üç tekerrürlü ve iki faktörlü olacak şekilde kurulmuştur. Birinci faktör olarak farklı sulama koşulları (tam ve kısıtlı sulama) ve ikinci faktör olarak çeşitler (10 hibrit mısır çeşidi) belirlenmiştir. Denemede parsel boyutları 2.8x3 m olup, sıra arası mesafe 70 cm ve sıra üzeri mesafe 20 cm olacak şekilde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir (Çamoğlu vd., 2011). Her parselde 4 sıraya ekim yapılmış olup toplam deneme alanı 672 m²dir.

Deneme alanı toprakları önce pulluk sonrasında diskaro ve freze kullanılarak ekime hazır hale getirilmiştir. Sonrasında çizel kullanılarak 70 cm'lik sıralar açılmıştır. Ekim hava koşulları da dikkate alınarak 25.04.2014 tarihinde tohumlar yaklaşık 5 cm derinliğe gelecek şekilde elle gerçekleştirilmiştir.

Toplam dekara 20 kg saf azot, yarısı ekim ile beraber, diğer yarısı çiçeklenme başlangıcında olacak şekilde, sırasıyla 15-15-15 kompoze ve amonyum nitrat (% 33) gübresi olarak uygulanmıştır. Kullanılan kompoze gübre sayesinde ekim ile beraber, dekara 8 kg fosfor (P₂O₅) ve 8 kg potasyum (K₂O) uygulanmıştır.

Bitki boyları yaklaşık 8-10 cm olduğunda öncelikli zayıf hastalıklı ve zarar görmüş bitkiler temizlenerek sıra üzerinde yaklaşık 14-16 bitki olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. Ayrıca araştırma süresi boyunca parsellerde gelişen yabancı otlarla mücadele etmek için bazı dönemlerde elle çapa işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında zararlılarla mücadele etmek amacıyla erken dönemde mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis*) ve mısır koçan kurduna (*Sesemia* spp.) karşı kimyasal ilaçlama yapılmıştır.

Sulama sistemi olarak bitki sıraları üzerine damlatıcılar gelecek şekilde damla sulama sistemi kurulmuş ve parsellere verilen su miktarları su sayacı kullanılarak kayıt edilmiştir. Tam sulama ve kısıtlı sulama olmak üzere iki farklı su uygulaması gerçekleştirilmiş olup metrekaresine yağmur miktarı da dâhil olmak üzere sırasıyla 350 mm ve 278 mm olacak şekilde su uygulanmıştır.

Hasat, tam sulama uygulamasında 24.09.2014 tarihinde, kısıtlı sulama uygulamasında olgunlaşma sürecinin daha hızlı olması nedeni ile 12.09.2014 tarihinde elle gerçekleştirilmiştir.

Ölçüm ve Analizler

Toplam Kuru Ağırlık (g/bitki) : Hasat sonrası her parselin orta 2 sırasındaki bitkilerin toprak üstü aksamaları kesilerek 24 saat 105 °C sıcaklıkta kurutulmasından sonra tartılarak hesaplanmıştır.

Tane verimi (kg/da) : Kenar tesirleri uzaklaştırıldıktan sonra her parselden elde edilen koçanlar harmanlanmış ve daneler tartılıp dekara tane verimi hesaplanmıştır.

Bin Tane Ağırlığı (g) : Her parselden elde edilen danelerden 4 paralelli olarak 100 adet örnek alınmış ve ağırlıkları belirlenerek bin tane ağırlıkları hesaplanmıştır.

Toprak Nem İçeriği (kg/m²) : Ekim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere her parselden el burgusu ile 0-20 cm, 20-40 cm ve 40-60 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin nem içerikleri, gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiş ve metrekaresindeki toplam toprak nem içeriği hesaplanmıştır.

Evaporasyon Miktarı (kg/m² gün) : Her parselin orta iki sırasının arasına mikrolizimetreler yerleştirilmiştir. Bu mikrolizimetreler 10.5 cm çapında 20 cm yüksekliğinde olacak şekilde PVC borulardan elde edilmiştir. Haftada bir meydana gelen su kaybı tartılarak kayıt edilip mikrolizimetre içerisindeki toprak yenilenmiştir. Tartımlar sonucunda elde edilen haftalık su kaybı verileri ile mikrolizimetre yüzey alanı hesaba katılarak metrekaresindeki günlük evaporasyon miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Flumignan vd., 2012).

$$E_{\text{Gün}} = (\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \dots \Delta L_n) / G$$

$E_{\text{Gün}}$: Ortalama günlük evaporasyon miktarı (kg/m² gün)

ΔL_n : n numaralı ölçüm gününe ait mikrolizimetre su kaybı (kg/m²)

G: Mikrolizimetre ölçümü yapılan toplam gün sayısı

Transpirasyon Miktarı (kg/m² gün) : Bitkilerin transpirasyon ile kayıp ettiği günlük su miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$TM = (TSMB + YM + SM - TEM - TSMH) / VS$$

TM : Ortalama günlük transpirasyon miktarı (kg/m² gün)

TSMB: Başlangıçta topraktaki toplam su miktarı (kg/m²)

TSMH: Hasat zamanı topraktaki toplam su miktarı (kg/m²)

YM : Toplam Yağış miktarı (kg/m²)

SM : Toplam Sulama suyu miktarı (kg/m²)

TEM : Toplam evaporasyon miktarı (kg/m²)

VS : Vejetasyon süresi (ekimden hasat gününe kadar geçen gün sayısı) (gün)

Transpirasyona Dayalı Su Kullanım Etkinliği (SKE_T)(mg/g) : Birim kuru madde üretebilmek için bitkinin transpirasyon yolu ile harcadığı su miktarı

olarak ifade edilen su kullanım etkinliği (SKE_{Tr}) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Erice vd., 2011).

$$SKE_{Tr} = TKA/TM$$

SKE_{Tr} : Transpirasyona dayalı Su kullanım etkinliği (mg/g)

TKA : Toplam kuru ağırlık (mg/m²)

TM : Toplam transpirasyon miktarı (g/m²)

Sulamaya Dayalı Su Kullanım Etkinliği (SKE_{Ir}) (kg/ton) : Toplam tane verimi miktarının verilen sulama suyu miktarına oranı olarak ifade edilen sulamaya dayalı su kullanım etkinliği (SKE_{Ir}) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$SKE_{Ir} = TDV / SM+YM$$

SKE_{Ir} : Sulamaya dayalı su kullanım etkinliği (kg/ton)

TDV : Toplam tane verimi (kg/m²)

SM : Toplam sulama suyu miktarı (ton/m²)

YM : Toplam yağmur miktarı (ton/m²)

Prolin içeriği ($\mu\text{g/g}$): Her parselden rastgele olmak üzere en genç mısır yapraklarından elde edilen örneklerde gerçekleştirilmiştir. Örneklemeye kısıtlı su uygulaması sonucu yapraklarda solgunluk belirtileri tespit edildiğinde gerçekleştirilmiştir. 50 mg örnek 10ml sülfosalisilik asit solüsyonunda (SAS) havan kulla-

ılarak parçalanmış ve filtre edilmiştir. Elde edilen ekstrakta, 2 ml ninhydrin solüsyonu ve 2 ml glisyal asetik asit ilave edilmiş ve 100 °C'de su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. Karışımın reaksiyonu, su banyosu sonrası buz ile durdurulmuş, oda sıcaklığına ulaştırıldı 3 ml toluen eklenmiştir. Elde edilen solüsyonun berrak kısmı alınarak Carry 50 marka spektrofotometre ile 518 nm' de absorbans değerleri okunmuştur. Daha önceden oluşturulan prolin standart eğrisi yardımı ile absorbans değerine karşılık gelen prolin içerikleri μg cinsinden hesaplanmıştır (Bates vd., 1973).

Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada, on çeşit ve iki farklı sulama uygulamasına ait veriler Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Düzenine göre 'TARİST' istatistiksel paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş olup değerler arasındaki farklar ise LSD testi karşılaştırma yöntemine göre gruplandırılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan 10 farklı hibrit mısır çeşidinin, iki farklı sulama koşulunda, toplam tane verimi, toplam kuru ağırlık ve bin tane ağırlıklarına ait veriler Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1: On hibrit mısır çeşidinin, tam ve kısıtlı sulama koşullarında toplam kuru ağırlık (g/bitki), toplam tane verimine (kg/da) ve bin tane ağırlıklarına (g) ait verileri

Table 1. Total dry weight (g/plant), grain yield (kg/da) and thousand grain weight of 10 hybrid maize genotypes under well and limited irrigation conditions.

Çeşit	Toplam Kuru Ağırlık (g/bitki)			Toplam Tane Verimi (kg/da)			Bin Tane Ağırlığı (g)		
	Tam	Kısıtlı	Ort	Tam	Kısıtlı	Ort	Tam	Kısıtlı	Ort
72MAY99	200.1 e	213.5 c-e	206.8	897.5	874.4	885.9 ab	361.4 a	312.0 c-e	336.7
XTH8410	200.6 de	221.1 b-e	210.8	836.7	816.3	826.5 bc	280.5 f	288.6 d-f	284.6
XTH8366	227.0 a-e	218.7 c-e	222.8	993.6	898.9	946.2 ab	280.8 f	262.6 f	271.7
XTH8406	241.3 a-d	261.2 ab	251.3	897.6	934.7	916.1 ab	315.8 cd	311.6 c-e	313.7
72MAY80	267.0 a	205.4 c-e	236.2	1048.5	755.8	902.2 ab	323.4 bc	280.2 f	301.8
94MAY90	220.8 b-e	245.6 a-c	233.2	841.4	877.8	859.6 bc	315.4 cd	319.5 bc	317.4
XTH8369	199.4 e	232.5 a-e	215.9	693.1	736.9	715.0 c	319.7 bc	330.7 bc	325.2
DKC6590	202.0 de	221.1 b-e	211.5	946.4	931.7	939.1 ab	316.0 cd	290.6 d-f	303.3
70MAY82	228.2 a-e	225.7 b-e	226.9	1103.3	947.7	1025.5 a	362.3 a	346.2 ab	354.3
P1921	203.2 de	220.0 c-e	211.6	850.9	832.1	841.5 bc	285.9 ef	286.4 ef	286.2
Ortalama (mean)	218.9	226.5	222.7	911.9	860.6	886.2	316.1	302.8	309.4

Toplam Kuru Ağırlık

Ele alınan hibrit mısır çeşitleri, farklı sulama uygulamalarına toplam kuru ağırlık değeri açısından değişen tepkiler göstermişlerdir. İstatistikî değerlendirmeler neticesinde en yüksek toplam kuru ağırlık değerine tam sulama uygulamasında 267.0 g/bitki ile 72MAY80

çeşidi sahip olurken en düşük toplam kuru ağırlık değerine ise yine tam sulama uygulamasında 200.1 g/bitki ve 199.4 g/bitki değerleri ile sırasıyla 72MAY99 ve XTH8369 çeşitleri sahip olmuştur (Çizelge 1). Bitkilerin, su stresi koşullarında, toprağın nemli katmanlarına ulaşabilmeleri için köklerini daha derinlere indirdikleri

bilinmektedir (Rhoads ve Bennett, 1990). Çeşitli çalışmalarda, kısıtlı su koşullarında kök gelişiminde bir artışın meydana geldiği ve kök/sap oranının arttığı kaydedilmiştir (Sharp vd., 1988; Benjamin vd., 2014). Mevcut çalışmada, her ne kadar su uygulamaları, toplam kuru ağırlık açısından istatistikî düzeyde önemli bir farka neden olmamışsa da gerçekleştirilen % 20'lik su kısıtlaması ile kök/sap oranında bir artış gerçekleşmiş olabileceği ve bu konu ile ilgili kök gelişimlerini de dikkate alan detaylı çalışmaların yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Toplam Tane Verimi

Ele alınan çeşitler, toplam tane verimi açısından farklılık göstermiş, en yüksek ortalama değere 1025.5 kg/da ile 70MAY82 çeşidi sahip olurken en düşük değer ise 715.0 kg/da ile XTH8369 çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 1). Uygulanan % 20'lik su kısıtlaması neticesinde ortalama toplam tane veriminde meydana gelen % 5.6'lık düşüş gerçekleşmiş ancak bu fark istatistikî olarak önemli bulunmamıştır. Farklı çalışmalarda, mısır bitkisinin şiddetli su stresi neticesinde toplam tane veriminde önemli derecede düşüşler ortaya konulurken (Sampathkumar vd., 2013; Gençoğlu ve Yazar, 1999), hafif su stresi uygulamaları sonucu tane veriminde kaybın oluşmadığı çalışmalarda bulunmaktadır (Şimşek ve Gerçek, 2005). Benzer bir şekilde, mevcut çalışmada gerçekleştirilen su kısıtlaması şiddetli bir su stresi oluşturmadığından dolayı toplam tane veriminde bir miktar düşüşün kaydedildiği ancak bu verim kaybının istatistikî olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Bin Tane Ağırlığı

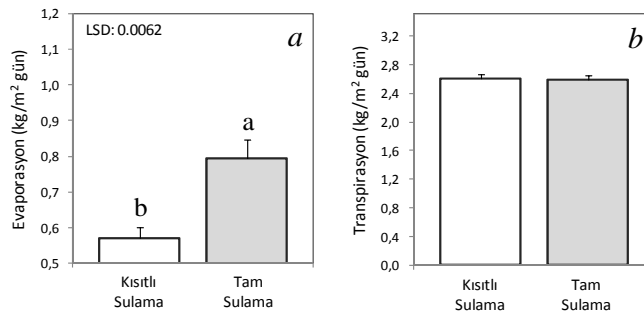
Ortalama bin tane ağırlığı (BDA) değeri, gerçekleştirilen kısıtlı su uygulaması ile % 4.2 oranında bir düşüş göstermiş, bu parametre açısından çeşit x uygulama interaksyonu istatistikî açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek BDA değerlerine tam sulama koşullarında 70MAY82 (362.3 g) ve 72MAY99 (361.4 g)

çeşitlerinde ulaşıırken, en düşük BDA değeri ise yine tam sulama koşullarında XTH8366 (280.8 g) ve XTH8410 (280.5 g), kısıtlı sulama koşullarında 72MAY80 (280.2 g) ve XTH8366 (262.6 g) çeşitlerinde bulunmuştur (Çizelge 1). Sampathkumar vd. (2013), % 15 kısıtlı su uygulamasının mısır bitkisinin BDA'da önemli bir değişime neden olmadığını, ancak % 32 kısıtlı su uygulamasında BDA değerinde önemli azalmanın meydana geldiğini kaydetmişlerdir.

Evaporasyon ve Transpirasyon Miktarları

Topraktan buharlaşma yolu ile kaybolan su miktarı olarak tanımlanan evaporasyon, uygulanan farklı sulama miktarlarında değişim göstermiş olup kısıtlı ve tam sulama koşullarında sırasıyla 0.57 kg/m² gün ve 0.79 kg/m² gün olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2a). Evaporasyon miktarı hava sıcaklığı, atmosferik nem gibi unsurların yanında, toprak su içeriğine bağlı olarak değişim göstermektedir (Flumignan vd., 2012). Topraktaki su miktarı azaldıkça atmosferin nem talebine karşı direnç artmakta ve böylece daha az miktarda evaporasyon gerçekleşmektedir (Flumignan vd., 2012; Lemon, 1956; Bond and Willis, 1970). Mevcut çalışmada, gerçekleştirilen % 20'lik su kısıtlaması, evaporasyon miktarında ortalama % 27.8 oranında bir düşüşe neden olmuştur.

Bunun yanında transpirasyon miktarları uygulamalar ve çeşitler arasında önemli bir farklılık göstermemiş olup tam ve kısıtlı sulama uygulamalarında ortalama transpirasyon miktarları sırasıyla 2.58 kg/m².gün ve 2.60 kg/m².gün olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2b). Uygulanan % 20'lik su kısıtlaması şiddetli bir su stresi oluşturmaması nedeni ile su uygulamalarının ortalama transpirasyon miktarları arasında önemli bir fark meydana gelmemiştir. Yapılan benzeri çalışmalarda, uygulanan hafif su kısıtlaması neticesinde mısır bitkisinde transpirasyon miktarında önemli bir değişiklik olmadığı bildirilmiştir (Stockle ve Jara, 1998; Payero vd., 2006).



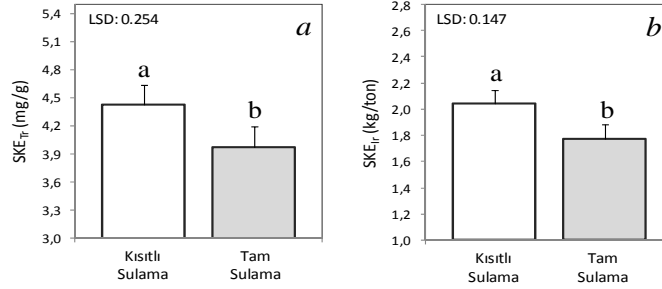
Şekil 2: Tam ve kısıtlı sulama koşullarında, ele alınan 10 hibrit mısır çeşidinin ortalama transpirasyon (kg/m² gün) ve evaporasyon (kg/m² gün) değerleri.

Figure 2. Average transpiration (kg/m² day) and evaporation (kg/m² day) values of 10 hybrid maize genotypes under well and limited irrigation conditions

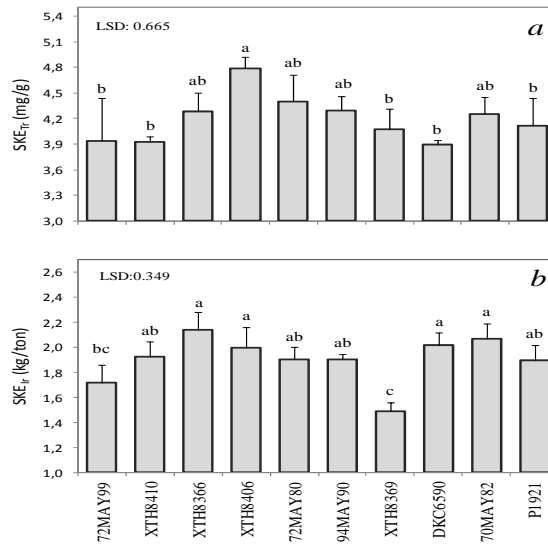
Su Kullanım Etkinliği

Tarla koşullarında, bitkilerin su kullanım etkinliğinde meydana gelen farklılıklar; hava koşulları, ekim tarihleri, genetik özellikler, yüzey akışı, drenaj ve farklı sulama miktarları gibi farklı çevresel etmenlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Greenwood vd., 2005).

Transpirasyon miktarına (SKE_{Tr}) ve sulama suyu miktarına dayalı olarak hesaplanan (SKE_{Ir}) su kullanım etkinliği değerlerinin her ikisi de kısıtlı sulama koşullarında önemli düzeyde artış göstermişlerdir (Şekil 3). Ele alınan mısır çeşitlerine ait SKE değerleri de istatistik açıdan farklı seviyede bulunmuştur. (Şekil 4).



Şekil 3: Tam ve kısıtlı sulama koşullarının, ele alınan 10 hibrit mısır çeşidinin ortalama SKE_{Tr} (mg/g) ve SKE_{Ir} (kg/ton) değerleri üzerine etkileri
Figure 3. Effects of well and limited irrigation conditions on WUE_{Tr} (mg/g) and WUE (mg/g) values of 10 hybrid maize genotypes.



Şekil 4: Ele alınan 10 hibrit mısır çeşidinin, ortalama SKE_{Tr} (mg/g) ve SKE_{Ir} (kg/ton) değerlerindeki farklılıklar.

Figure 4. Differences in WUE_{Tr} (mg/g) and WUE (mg/g) values of 10 hybrid maize genotypes under well and limited irrigation conditions.

Ortalama SKE_{Tr} değerleri, tam ve kısıtlı sulama uygulamalarında sırası ile 3.97 mg/g ve 4.42 mg/g olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3a). Sulama uygulamaları arası transpirasyon miktarlarında önemli bir farkın meydana gelmemesi (Şekil 2b) ve SKE_{Tr} değerinin artmış olması; bitkilerin tükettiği toplam su miktarlarını, kısıtlı su koşullarında daha etkin bir şekilde kuru madde üretimi için kullandığını göstermektedir. Kurak koşullarda su kullanım etkinliğinde artışın meydana geldiği yapılan çeşitli araştırmada ortaya konulmuştur (Jeanneau vd., 2002; Tatar, 2009; Yazar vd., 2009). Ancak bu çalışmaların çoğu; kurak koşullarda SKE artışını, transpirasyondaki azalmanın kuru maddedeki

azalmaya oranla daha yüksek olmasına bağlamaktadır. Mevcut çalışmada ise transpirasyon seviyeleri aynı kalarak bu sonuca ulaşılmıştır. Bu durum bitkilerin, kısıtlı su ve sert kurak koşullara farklı adaptasyon gösterdiklerini ortaya koymaktadır. Çeşitler arasında meydana gelen SKE_{Tr} farklılıkları incelendiğinde en yüksek ortalama değerini XTH8406 (4.8 mg/g) çeşidi, en düşük SKE_{Tr} değerlerine ise XTH8369 (4.1 mg/g), P1921 (4.1 mg/g), XTH8410 (3.9 mg/g), 72MAY99 (3.8 mg/g), DKC6590 (3.8 mg/g) çeşitleri elde etmişlerdir (Şekil 4a).

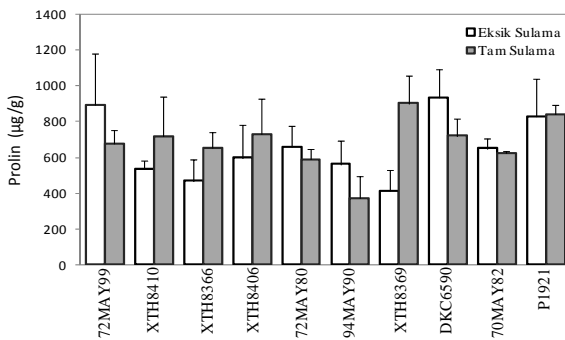
Birim sulama ve yağmur suyu miktarının verimde sağladığı artışa dayalı olarak hesaplanan SKE_{Ir} değeri,

gerçekleştirilen tam ve kısıtlı sulama koşullarında sırası ile 1.77 kg/ton ve 2.04 kg/ton değerlerine sahip olmuştur (Şekil 3b). Uygulanan kısıtlı sulama oranının (% 20) ortalama tane verimindeki düşüş oranından (% 5.6) yüksek gerçekleşmesi (Çizelge 1) SKE_{ir} değerinde bir artışa neden olmuştur. Birçok araştırmada, mevcut çalışma ile paralel olarak su kısıtlaması neticesinde SKE_{ir} değerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir (Şimşek ve Gerçek 2005; Gençoğlu ve Yazar, 1999). Çeşitler bazında incelendiğinde ise en yüksek SKE_{ir} değerlerine XTH8366 (2.10 kg/ton), 70MAY82 (2.07 kg/ton), DKC6590 (2.02 kg/ton) ve XTH8406 (2.00 kg/ton) sahip olurken en düşük SKE_{ir} değerini XTH8369 (1.49 kg/ton) çeşidi elde etmiştir (Şekil 4b).

Prolin İçeriği

Ele alınan hibrit mısır çeşitlerinin, prolin içeriklerinin tam ve kısıtlı sulama koşullarındaki değişimleri Şekil 5’de gösterilmektedir.

Yapılan istatistikî analizler sonucunda, % 20 kısıtlı sulama uygulamasının prolin miktarında hem uygulama hem de çeşit bazında önemli farka neden olmadığı görülmüştür. Stres altındaki bitkiler, ozmotik dengenin sağlanabilmesi için, sitoplazma ve organellerinde çeşitli çözünebilir maddeler biriktirirler ve bu maddeler enzimler üzerinde pozitif bir etki sağlayıp, membranın bütünlüğünü de sağlayarak stres altındaki bitkilerde ozmotik düzenlemenin sağlanmasında rol oynarlar (McKersie ve Leshem, 1994). Kuraklık stresi altında bitkilerin prolin biyosentezinde önemli derecede artış olduğuna dair birçok çalışma yer almaktadır (Asraf, 2007, Çakaloğulları, 2015). Valentovic vd. (2006) mısır bitkisinde yaptıkları çalışmada kurak şartlarda kurağa toleransı yüksek olan mısır çeşidinin, hassas olan mısır genotipine göre daha yüksek prolin içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Mevcut çalışmada, hücre içi ozmotik düzenlemeyi sağlamak amacı ile prolin akümülyasyonunda bir artış gözlemlenmemiştir.



Şekil 5: Tam ve kısıtlı sulama koşullarının, ele alınan 10 hibrit mısır çeşidinin prolin içeriği üzerine etkileri.

Figure 5. Effects of well and limited irrigation conditions on proline content of 10 hybrid maize genotypes.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada, 10 farklı at dişi hibrit mısır çeşidinin, tam ile kısıtlı sulama olmak üzere iki farklı çevre koşulunda; toplam tane verimi, toplam kuru ağırlık, bin tane ağırlığı, su kullanım etkinliği ve prolin içerikleri değerlendirilmiştir.

Toplam tane veriminde, kısıtlı su uygulaması sonucunda az miktarda düşüş gerçekleştiği belirlenmiş, 70MAY82 çeşidi toplam tane verimi açısından diğer çeşitlere oranla öne çıkmıştır.

Toplam kuru ağırlıkları açısından bitki çeşitlerinin tam ve kısıtlı sulamaya verdikleri tepki farklı olmuş ve en yüksek toplam kuru ağırlık değerini tam sulama uygulamasında 72MAY80 çeşidi elde etmiştir. En düşük toplam kuru ağırlık değerine ise yine tam sulama uygulamasında XTH8369 ve 72MAY99 çeşitleri sahip olmuştur. Uygulanan kısıtlı sulama koşulları hafif ölçüde su stresine neden olmuş, bitkilerin bu koşullara adapte olduğu, köklerini suyun mevcut olduğu toprak katmanlarına ulaştırdığı ve transpirasyon miktarlarında bu nedenle önemli bir kayıp gerçekleşmediği düşünülmüştür. Ancak evaporasyon miktarı, özellikle toprağın üst seviyelerine bağlı olduğu için, sulama miktarlarında ki kısıtlama evaporasyon miktarına önemli ölçüde yansımıştır.

Gerçekleştirilen % 20’lik su kısıtlaması, SKE_{Tr} ve SKE_{ir} değerlerinde önemli seviyede artışa sebep olmuştur. Her ne kadar ortalama transpirasyon miktarları ve toplam kuru ağırlık farkları önemsiz olsa da, bitkilerin gösterdiği farklı adaptasyonlar sonucu hem uygulamalar hem de çeşitler arası SKE_{Tr} değerinde önemli bir farkın meydana geldiği düşünülmektedir. Kısıtlı sulama koşullarında, toplam tane veriminde ki düşüş oranı, uygulanan su miktarında ki düşüş oranına göre daha az gerçekleştiği için azalan su miktarı ile SKE_{ir} değerinde bir artış olduğu söylenebilir. Her iki su kullanım etkinliğinde değeri açısından da (SKE_{Tr} ve SKE_{ir}) XTH8406, çeşidi diğer çeşitlere göre öne çıkmıştır.

Kısıtlı su uygulamasının, ele alınan çeşitlerde, prolin akümülyasyonu açısından bir farka neden olmaması, bu aminoasidin, önceki yapılan çalışmalarda dikkate alınarak, stres koşullarının daha etkili olduğu durumlarda fonksiyona sahip olduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak Bornova koşullarında uygulanan % 20’lik su kısıtlaması ile toplam tane veriminde az miktarda düşüş meydana gelmiştir. Ortalama toplam tane verimi bakımından en ümit var çeşit 70MAY82 olarak tespit edilmiştir. XTH8406 mısır hibrit çeşidi ise transpirasyon ile kullanılan birim suya karşılık ürettiği kuru madde miktarı (SKE_{Tr}) ve birim sulama suyunu etkin bir şekilde verime dönüştürebilmesi

(SKE_{lr}) açısından öne çıkan çeşit olmuştur. Bu durumda sulama miktarına bağlı olmaksızın, tane verimi açısından 70MAY82 çeşidinin tercih edilebileceği ve su kullanımını arttırmaya yönelik ıslah çalışmalarında XTH8406 çeşidinin ümit var olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Asraf, M., and M.R. Foolad, 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Envir. and Exp.Bot.*, 59: 206-216pp.
- Bates, L.S., R.P. Waldern, and I.D. Teare, 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207pp.
- Belfield, S., and C. Brown, 2008. A Guide to Upland Production in Cambodia. *Field Crop Manuel: Maize*, ISBN 978 0 7347 1882 2.
- Benjamin, J. G., D. C. Nielsen, M. F. Vigil, M.M. Mikha, and F. Calderon, 2014. Water Deficit Stress Effects on Corn (*Zea mays*, L.) Root:Shoot Ratio. *Open Journal of Soil Science*, 4, 151-160pp.
- Bond, J.J., and W.O. Willis, 1970. Soil evaporation: first stage drying as influenced by surface residue and evaporation potential. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.34, n.6, p.924-928.
- Cakir, R., 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89 (1), 1-16.
- Çakaloğulları, U., 2015. Bazı pamuk çeşitlerinin tarla koşullarında su kullanım etkinliklerinin belirlenmesi ve ilişkili fizyolojik parametrelerin incelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Çamoğlu G., L. Genç, ve Ş. Aşık, 2011, Tatlı Mısırdaki (*Zea mays* saccharata Sturt) Su Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik Parametreler Üzerine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 48 (2): 141-149s.
- Dagdelen, N., E. Yılmaz, F. Sezgin, and 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. *Agricultural Water Management* 82 (2006) 63-85.
- Erice, G., S. Louahia, J.J. Irigoyen, M. Sanchez-Diaz, I.T. Alami, and J.C. Avicé, 2011. Water use efficiency, transpiration and net CO₂ exchange of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *Environmental and Experimental Botany* 72 (2011) 123-130pp.
- FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of United Nations, (<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>).
- Flumignan, D.L., R.T. Faria, and B.P. Lena, 2012. Test of a Microlysimeter for Measurement of Soil Evaporation. *Eng. Agric., Jaboticabal*, v.32, n.1, 80-90pp.
- Gençoğlan, C. ve, A. Yazar, 1996. Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana.
- Gençoğlan, C., ve A. Yazar, 1999. Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri .Tr. J. of Agriculture and Forestry.
- Greenwood, K., G. Mundy, and K. Kelly, 2005. On-farm measurement of the water use efficiency of maize. Final Report Department of Primary Industries, Kyabram, pp 1-30.
- GRDC, 2009. Water use efficiency Fact Sheet. http://www.grdc.com.au/uploads/documents/GRDC_Water%20Use%20Efficiency%20North%20version%20231009.pdf.Erişim: Nisan 2015.
- Huang, R., C.J. Birch, and D.L. George, 2006. Water use efficiency in maize production – the challenge and improvement strategies. Maize Association of Australia, 6th Triennial Conference.
- Jeanneau, M., D. Gerentes, X. Foueillassar, M. Zivy, J. Vidal, A. Toppan, and P. Perez, 2002. Improvement of drought tolerance in maize: towards the functional validation of the Zm-Asrt gene and increase of water use efficiency by over-expressing C4-PEPC. *Biochimie* 84, 1127-1135pp.
- Lemon, E.R., 1956. The potentialities for decreasing soil moisture evaporation loss. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.20, n.1, p.120-125.
- McKersie, B.D, Leshem, Y., 1994, Stress and stress coping in cultivated plants, Kluwer Academic Publisher, The Netherlands.
- Passioura, J.B., Angus J.F., 2010 Improving Productivity of Crops In Water-Limited Environments, *Adv. Agron.*, 106, 37-75.
- Payero, J.O., S.R. Melvin, S. Irmak, and D. Tarkalson, 2006. Yield Response of Corn to Deficit Irrigation in a Semiarid Climate. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. Paper 52.
- Rhoads, F.M., and J.M. Bennett, 1990. Corn in irrigation of agricultural crops ASAE Agronomy. Monograph No. 30, 569-596pp.
- Sampathkumar, T., B.J. Pandian, M.V. Rangaswamy, P. Manickasundaram, and P. Jeyakumar, 2013. Influence of deficit irrigation on growth, yield and yield parameters of cotton-maize cropping sequence. *Agricultural Water Management* 130, 90-102pp.
- Sharp, R.E., W.K. Silk, and C. Odore, 1988. Growth of the Maize Primary Root at Low Water Potentials, I. Spatial Distribution of Expansive Growth.
- Stockle C.O., and J. Jara, 1998. Modeling transpiration and soil water content from a corn (*Zea mays* L.) field: 20 min vs. daytime integration step. *Agricultural and Forest Meteorology* 92, pp119-130.
- Süzer, S., 2003. Mısır Tarımı. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne.
- Şahin, S., 2001. Türkiye’de Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı Ve Mısır Üretimi. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* Cilt 21, Sayı 1, 73-90s.
- Şimşek, M., ve S. Gerçek, 2005. Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L. indentata) Su Verim İlişkilerine Etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 36 (1), 77-82s.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından (Proje no: 2014-ZRF-027) maddi olarak desteklenmiş olup, Emine Durmuş’un yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

- Tatar, Ö., 2009. Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) sapa kalkma döneminde meydana gelen kuraklığın başak oluşumu ve bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi, Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim, Hatay.
- Tatar, Ö., 2011. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde kuraklık stresine dayanıklılığın fizyolojik denetimi ve verim unsurları ile ilişkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Tatar, Ö. , ve G.D. Atasoy, 2012. Akdeniz İklim Özelliği Gösteren Bölgelerde Kuraklığın Buğday Gelişimi ve Verimliliği Üzerine Etkisi. Tarla Bitkileri Grubu Bölge Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Menemen.
- Türkoğlu, A., 1971. Gıda Maddeleri İktisadi Coğrafya 1. Kitap. İst Matbaası, 44-52s.
- Valentovic, P., M. Luxova, L. Kolarovic, and O. Gasparikova, 2006. Effect of osmotic stres on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. Plant Soil Environ.,52, (4): 186-191pp.
- Xu, L., and T.C. Hsiao, 2004. Predicted versus measured photosynthetic water-use efficiency of crop stands under dynamically changing field environments. Journal of Experimental Botany, Vol. 55, No. 407.
- Yazar, A., F. Gokcel, ve M.S. Sezen, 2009. Corn yield response to partial rootzone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. Plant Soil Environ., 55, (11): 494–503pp.