



Su Stresinin Sofralık Domatesin Verimi ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri^A

Gökhan ÇAMOĞLU^{1*}, Kürşad DEMİREL², Arda AKÇAL³, Levent GENÇ⁴

Öz: Bu çalışmada, sofralık domateste su stresinin verime, bitki su tüketimine, sulama randımanlarına [su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE)] ve fizyolojik özelliklere (stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli, yaprak oransal su içeriği ve klorofil) etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, 2017 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde yürütülmüştür. Deneme, toprakta eksilen nemin tarla kapasitesine tamamlandığı tam sulama (kontrol) ve üç su stresi düzeyi (kontrol uygulamasına verilen suyun %25, %50 ve %75'i) olmak üzere toplam dört uygulamadan oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, su stresine bağlı olarak verim ve fizyolojik özelliklerde önemli düzeyde azalmalar meydana gelmiştir. Bitki su tüketimi ve verim değerleri uygulamalara göre sırasıyla 348-869 mm ve 22.7-72.2 t ha⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek randıman değerleri (WUE, IWUE) %50 oranında su kısıtının yapıldığı uygulamadan elde edilmiştir. Ölçülen fizyolojik özellikler ile verim azalması arasındaki belirtme katsayıları (R²) 0.47-0.94 arasında değişmiştir. Çalışmanın sonucu olarak, sofralık domates yetiştiriciliğinde su stresinin bitkiyi olumsuz etkilediği ve fizyolojik özellikler kullanılarak olası verim azalmasının yüksek doğrulukla tahmin edilebileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Bitki su tüketimi, Çanakkale, domates, sulama, su kısıtı.

^A Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri FHD-2017-1190 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

* Sorumlu yazar/Corresponding Author: ¹ Gökhan ÇAMOĞLU, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale, Türkiye, camoglu@comu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6585-4221](https://orcid.org/0000-0002-6585-4221)

² Kürşad DEMİREL, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çanakkale, Türkiye, kdemirel@comu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-2029-5884](https://orcid.org/0000-0002-2029-5884)

³ Arda AKÇAL, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye, aakcal@comu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0426-0745](https://orcid.org/0000-0002-0426-0745)

⁴ Levent GENÇ, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Çanakkale, Türkiye, leventgc@comu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0074-0987](https://orcid.org/0000-0002-0074-0987)

Atıf/Citation: Çamoğlu, G., Demirel, K., Akçal, A. ve Genç, L. 2019. Su Stresinin Sofralık Domatesin Verimi ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 33 (1), 15-30.

The Effects of Water Stress on the Yield and Physiological Properties of Table Tomato

Abstract: In this study, it was aimed to determine the effects of water stress on evapotranspiration, irrigation efficiency [(water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE)) and physiological traits (stomatal conductance, leaf water potential, leaf relative water content and chlorophyll)] in table tomato. The study was conducted in Dardanos Research and Application Farm, Faculty of Agriculture, Canakkale Onsekiz Mart University in 2017. The experiment consisted of four treatments: these are full irrigation (control) which is completed to field capacity of the soil and three water stress levels (25%, 50% and 75% of the water given to the control treatment). As a result of the study, the yield and physiological traits decreased significantly depending on the water stress. Evapotranspiration and yield values varied between 348-869 mm and 22.7-72.2 tha^{-1} , respectively. The highest efficiencies (WUE, IWUE) were obtained from the 50% water deficit. The coefficient of determination (R^2) values between physiological traits and yield reduction ranged from 0.47 to 0.94. Consequently, it can be said that the plant was negatively affected by water stress in table tomato cultivation and the possible reduction in yield can be estimated with high accuracy using physiological traits.

Keywords: Çanakkale, evapotranspiration, irrigation, tomato, water deficit.

Giriş

Dünyada sebze üretimi 1.087 milyar ton olup, Türkiye 28.4 milyon ton ile 4. sırada yer almaktadır (Yanmaz ve ark., 2015). Türkiye’de üretimi yapılan sebzeler arasında domates 12.6 milyon ton ile ilk sırada yer alıp dünya üretimindeki payı ise %7.2’dir. Çanakkale ili için oldukça önemli bir yeri olan domates, 548 bin ton üretimi ile ülke üretiminin %5’ini kapsayarak 4. sırada yer almaktadır (TUİK, 2015).

Su stresi özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip bölgelerde bitkinin büyümesini kısıtlayan en önemli çevresel etmenlerden birisidir. Su stresi altında bitkilerin fizyolojik durumları zamanla bozulmaya başlar ve yaprak oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği, fotosentez aktivitesi ve klorofil miktarı gibi özellikleri azalır (Kacar ve ark., 2009). Bu nedenle, söz konusu fizyolojik özellikler, bitkinin stres durumunu belirlemede kullanılabilecek önemli göstergeler olmaktadır.

Bitkilerin su stresine maruz kalmamaları ve buna bağlı olarak verim kaybı yaşamaması için toprakta optimum düzeyde nemin sürekli bulunması oldukça önemlidir. Özellikle yazın ve havanın sıcak olduğu günlerde bitkiden ve topraktan hızlı bir şekilde su kaybı olmakta ve stres gözle görülebilir duruma gelmeden önce bitkilerde zararlar oluşabilmektedir. Bu durumda geri dönülemez verim ve kalite kayıpları oluşabilmektedir. Sulama yönetiminde, bitki su stresini saptamaya yönelik yapılan fizyolojik ölçümlerin, toprak nemi ölçümlerine oranla daha iyi bir gösterge olduğu belirtilmektedir (Ul ve ark., 1997). Bu nedenle, bitkinin stres durumunun anlaşılmasında ve olası verim azalmalarının önlenmesinde fizyolojik durum izlenebilmektedir. Su kaynağının kıt

olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde suyun etkin kullanımı açısından sulamanın doğru bir şekilde yapılmasına olan ihtiyaç, araştırmacıları sulama programlamasında yeni teknolojilerin geliştirilmesi yönünde teşvik etmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, sulama programlanmasında bitkiye dayalı yöntemlerin önemli bir potansiyele sahip olduğu ortaya konmuş, bu amaca yönelik olarak yaprak su potansiyeli, taç sıcaklığı, özsu akışı ve gövde çapı gibi ölçümlerin hassas bir sulama planlaması için kullanılabileceği belirtilmiştir (Fernandez ve Cuevas, 2010). Kırnak ve Kaya (2004), domateste su kullanımı ve sulama suyu uygulamalarındaki azalmaya bağlı olarak bitkisel özelliklerinde, yaprak oransal su içeriğinde ve kuru biyomas değerlerinde önemli derecede azalmalar olduğunu bildirmişlerdir. Giuliani ve ark. (2018), domateste stoma iletkenliğinin su kısıtı yapılmayan uygulamalarda daha yüksek olduğunu ve bu nedenle stresin belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, su stresinin domatesin verimine, bitki su tüketimine, su kullanım randımanına, sulama suyu kullanım randımanına ve fizyolojik özelliklerine (yaprak oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği ve klorofil okumaları) etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, domatesin olası verim azalmasının fizyolojik ölçümler ile tahmin edilmesine yönelik regresyon eşitlikleri de oluşturulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı ve Deneme Deseni

Çalışma, 2017 yılında, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde tarla koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada, bitki materyali olarak sofralık domates (*Lycopersicon esculentum* L. cv Full F1) bitkisi kullanılmış ve sulaması damla sulama sistemiyle yapılmıştır.

Denemeye başlamadan önce toprağın fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 1). Sulama suyunun EC değeri 1.3 dS m^{-1} ve pH değeri ise 7.9 olarak ölçülmüştür. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 sulama uygulaması 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ele alınan uygulamalar Çizelge 2'de verilmiştir. Domates fideleri, sıra arası 100 cm ve sıra üzeri 66 cm olacak şekilde 24 Mayıs 2017 tarihinde dikilmiştir. Her parselde 4 bitki sırası ve her bitki sırasında 10 adet bitki yerleştirilmiştir. Uygulamaların olası etkileşimini ortadan kaldırmak amacıyla parsel aralarına da domates dikilmiştir. Ölçümlerin tümü ortadaki iki bitki sırasında yapılmıştır. Araştırmada kullanılan damla sulama sistemi; pompa, kontrol birimi, ana ve yan borular, su sayaçları, lateraller ve basınç düzenleyicili damlatıcılardan oluşmuştur.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel analiz sonuçları

Toprak derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Hacim ağırlığı (gr cm^{-3})	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Kullanılabilir su tutma kapasitesi	
			Pv (%)	d (mm)	Pv (%)	d (mm)	Pv (%)	d (mm)
0-30	SL	1.49	34.9	104.7	23.9	71.7	11.0	33.0
30-60	SL	1.53	33.9	101.7	21.6	64.8	12.3	36.9
60-90	SL	1.58	34.9	104.7	21.3	63.9	13.7	40.8
Toplam (0-90 cm)				311.1		200.4		110.7

Çizelge 2. Denemede ele alınan sulama uygulamaları

Uygulama	Açıklama
I-100	0-90 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir nemin %40±5'i tüketildiğinde eksilen nemin tarla kapasitesine tamamlanması (kontrol)
I-75	I-100 uygulamasında tüketilen suyun %75'i
I-50	I-100 uygulamasında tüketilen suyun %50'si
I-25	I-100 uygulamasında tüketilen suyun %25'i

Tarımsal İşlemler

Dikimden önce toprak işlemeye uygun duruma geldiğinde pullukla sürüm yapılmış ve ardından rotatiller ile sürülerek dikime hazır duruma getirilmiştir. Toprak analiz sonuçlarına göre dikimle birlikte damla sulama sisteminde yer alan venturi gübreleme sistemiyle ilk gübreleme (Dekara 5 kg AquaDrip 20-20-20-TE) yapılmıştır. Diğer gübreleme işlemleri çiçeklenme ve hasat dönemleri arasında (5 kg da⁻¹ olmak üzere üç kez daha) yapılmıştır. Tüm yetiştirme periyodu boyunca ortaya çıkan yabancı otlarla mücadele elle, frezeyle ve herbisit uygulanarak yapılmıştır. Ortaya çıkan/çıkabilecek diğer hastalık ve zararlılarla mücadelede ise kükürt ve insektisit kullanılmıştır.

Sulama Suyu Miktarının ve Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

Uygulamalara verilen sulama suyu miktarının belirlenmesinde toprak nem sensörleri (DECAGON 10HS) kullanılmıştır. Dielektrik prensibine göre çalışan bu sensörlerden elde edilen verilerin kaydedilmesinde veri kaydediciler (DECAGON EM50) kullanılmıştır. Sensörler, I-100 uygulamasının her bir tekrüründe toprağın 0-30 cm 30-60 cm ve 60-90 cm katmanlarına yerleştirilmiştir. Deneme başlamadan önce sensörler mevcut toprak koşullarına göre kalibre edilmiş ve kalibrasyon sonucunda elde edilen değerlere göre nem değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerden yararlanılarak uygulamalara verilecek sulama suyu miktarları Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan sulama suyu miktarları tüm parsellerin başına yerleştirilen su sayacı yardımıyla kontrollü olarak verilmiştir.

$$I = KSTK \times R_y \times P \times A \quad (1)$$

Eşitlikte; I: Sulama suyu miktarı (litre), KSTK: 90 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm), R_y: KSTK'nın tüketilmesine izin verilen kısmı (%40±5), P: Örtü yüzdesi (en az %30 alınmıştır), A: Parsel alanı (m²)

Bitki su tüketimi, her bir uygulama için su bütçesine göre Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır (James, 1988). Nem değişimi I-100 uygulamasında toprak nem sensörlerinden, diğer uygulamalarda ise gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Etkili bitki kök derinliği 90 cm alınmış (Güngör ve ark., 1996), damla sulama ile sulandığı ve tarla kapasitesinin üzerinde su verilmeyeceği için yüzey akış ve derine sızma ihmal edilmiştir.

$$ET = I + P - D \pm R \pm \Delta S \quad (2)$$

Eşitlikte; ET: Bitki su tüketimi (mm), I: Sulama suyu (mm), P: Yağış (mm), D: Derine sızma (mm), R: Yüzey akış (mm), ΔS: İki örnekleme arasındaki nem değişimi (mm)

Verim ve Su Kullanım Randımanları

Her sulama uygulamasına ait parsellerde her parselin kenar etkisi olarak dikilen sıraları hariç tutularak, ortadaki iki sırada hasat olgunluğuna gelen domatesler toplanıp ağırlıkları kaydedilmiştir. Elde edilen değerler hasat edilen parsel alanı dikkate alınarak verim ton ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Uygulamalara ilişkin su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) sırasıyla Eşitlik 3 ve 4 yardımıyla hesaplanmıştır (Howell ve ark., 1990).

$$WUE = Y / ET \times 100 \quad (3)$$

$$IWUE = Y / I \times 100 \quad (4)$$

Eşitliklerde, Y: Sulu koşullarda alınan verim (kg), ET: Bitki su tüketimi (mm), I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm).

Fizyolojik Ölçümler

Tüm fizyolojik ölçümlere dikimden sonraki 43. günde (DSG₄₃) başlanılmış ve DSG₁₁₃'de bitirilmiştir. Ölçümlerin tümü her iki sulamada bir ve sulama öncesinde yapılmıştır.

Stoma İletkenliği

Stoma iletkenliği, difüzyon yaprak porometresi (Decagon SC-1) ile ölçülmüştür. Söz konusu ölçümler, saat 11.00-14.00 arasında, her tekerrürde rastgele seçilen 3 bitkinin güneş gören ve olgunluğunu tamamlamış birer yaprağında yapılmıştır.

Klorofil Okumaları

Yapraktaki klorofil içeriğinin göstergesi olarak kullanılan klorofil okumaları, taşınabilir ve bitkiye zarar vermeden ölçüm yapabilen bir klorofilmetre (Fieldscout CM 1000) yardımıyla yapılmıştır. Klorofil ölçüm aralığı 700-840 nm arasında ve birimsizdir. Işıklılık indeksi (Brightness Indeks) 0-9 arasındadır. Ölçümlerde bu değer 4-5 arasında tutulmuştur. Ölçümler, her bir bitkinin üç farklı yaprağından aynı yaprakta üçer kez ölçüm almak suretiyle yapılmıştır.

Yaprak Su Potansiyeli

Yaprak su potansiyeli (YSP), basınç odası aleti (PMS Model 1000) yardımıyla her bir tekerrürde 3 farklı bitkiden alınan sürgünlerde ölçülmüştür. Ölçümde bitkinin söz konusu dönemdeki tam gelişmiş güneş gören kısımları kullanılmıştır. Söz konusu ölçümler gün ortasında yapılmıştır (Shackel, 2000).

Yaprak Oransal Su İçeriği

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) değerlerini belirlemek için 13.00-14.00 saatleri arasında her tekerrürden üç farklı bitkiden gelişimini tamamlamış üç yaprak örneği alınmıştır. Örneklerin alınmasından hemen sonra deneme alanında bulunan kapalı alanda taze ağırlıkları tartılmıştır. Örnekler daha sonra 24 saat süre ile saf su içinde bekletilerek su ile sature edilmiş ve saturasyon işleminden sonra yine tartım yapılarak, 70 °C sabit ısıya ayarlanmış etüvde 24 saat kurutulup son tartım yapılmıştır.

Yaprak oransal su içeriği değerleri Eşitlik 5 (Ackley, 1954; Smart ve Bingham, 1974) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YOSİ = \frac{YA - KA}{TA - KA} \times 100 \quad (5)$$

Eşitlikte;

YOSİ: Yaprak oransal su içeriği (%), YA: Yaş ağırlık (mg), KA: 70 °C sıcaklıkta 24 saat bekletme sonrasındaki kuru ağırlık (mg), TA: 24 saat saf su içerisinde bekletilerek elde edilen turgor ağırlık (mg).

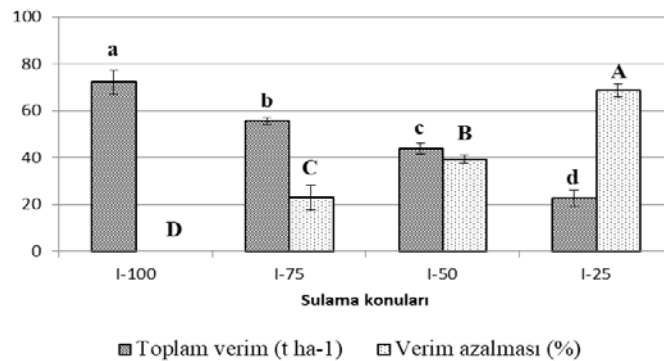
İstatistiksel Analiz

Denemede gerçekleştirilen uygulamaların sonucunda elde edilen veriler arasındaki farkın önemli olup olmadığı (p=0.05) tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile belirlenmiştir. Farkın önemli olması durumunda, uygulamalar arasındaki farklılığı belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır. Fizyolojik özellikler ile verim azalması arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için tek değişkenli regresyon analizi yapılmıştır. Tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS 20.0 paket programı yardımıyla yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Domates Verimi

Domates hasadı DSG₈₈'de başlamış ve DSG₁₅₄'de son hasat yapılarak deneme sonlandırılmıştır. Elde edilen toplam verim değerleri ve uygulamalara ilişkin Duncan sınıfları Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekildeki küçük harfler verimdeki değişimleri, büyük harfler ise verim azalmasındaki değişimleri göstermektedir.



Şekil 1: Uygulamalara göre verim değerlerinin ve verim azalmasının değişimi

Domatesin verim değerleri 22.7 t ha⁻¹ ile 72.2 t ha⁻¹ arasında değişmiş olup söz konusu değerler sırasıyla I-25 ve I-100 uygulamalarında elde edilmiştir. Aynı yıl yetiştiriciliği yapılan sofralık domatesin ülkemiz ortalaması 71.17 t ha⁻¹, Çanakkale ortalaması da 70.79 t ha⁻¹ olarak elde edilmiştir (Anonim, 2017). Elde edilen bu veriler ile çalışmadaki I-100 uygulamasından elde edilen verim değerleri birbirine oldukça yakındır. Domateste sulama-verim konularında yapılan çalışmalarda; Evren ve İstanbulluoğlu (1995), Iğdırda 73.91 t ha⁻¹, Kuscü ve ark. (2014a), Bursada 30.2-110.7 t ha⁻¹ bulmuşlardır. Farklı illerde yapılan sonuçlar da benzerlik göstermektedir. Çanakkale ilinde yapılmış çalışmalarda; Yavuz ve ark. (2007), salçalık domateste yaptıkları çalışmada, verim değerleri sulama uygulamalarına bağlı olarak 49.90 t ha⁻¹ ile 96.36 t ha⁻¹ arasında bulmuşlardır. Yıldırım ve Bahar (2017), farklı dikim aralıklarında 57.5-95.3 t ha⁻¹ arasında elde etmişlerdir. Elde edilen bu verim değerlerinin daha yüksek olma nedeninin, özellikle araştırmacıların kullandıkları çeşitten ve farklı dikim aralıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Uygulamalara ilişkin verim değerlerinin tümü istatistiksel olarak birbirinden farklı gruplarda yer almıştır. Uygulamalara göre verim azalması sırasıyla %23, %39 ve %69 olmuş ve aralarındaki farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Elde edilen bu veriler, su stresinin domates verimini önemli düzeyde etkilediğini göstermektedir. Nitekim Patane ve ark. (2011) domateste yaptıkları çalışmada da, verilen sulama suyundaki azalışa bağlı olarak verim azalmasının %2.9 ile %82.9 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Sulama Suyu Miktarı ve Bitki Su Tüketimi

Uygulamalara göre verilen toplam sulama suyu miktarı (TSSM), mevsimlik bitki su tüketimi (mevsimlik ET), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Çizelge 3'de gösterilmiştir. Yetiştirme periyodu boyunca sulama uygulamalarına göre 277 mm ile 819 mm arasında değişen oranlarda sulama suyu uygulanmıştır. Yıldırım ve Bahar (2017), Çanakkale ilinde farklı dikim sıklığında domatese uygulanan toplam sulama suyu miktarının 470.4-950.4 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Farklı yörelerde yapılan çalışmalarda, uygulanan toplam sulama su miktarının, Kırnak ve Kaya (2004) Şanlıurfa'da 465-920 mm, Özbahçe ve Tarı (2009) Konya'da 426-623 mm olduğunu bildirmişlerdir. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak mevsimlik ET değerleri 348-869 mm arasında değişmiştir. Çanakkale ilinde domates bitkisinin su ihtiyacının belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada, en yüksek verimin elde edildiği uygulamanın bitki su tüketimi 919 mm olarak bulunmuştur (Yavuz ve ark., 2007). Mevsimlik bitki su tüketimi; Evren ve İstanbulluoğlu (1995) Iğdır'da 802 mm, Kuscü ve ark. (2014b) da Bursa'da 375-596 mm olarak hesaplamışlardır. Çalışmadan elde edilen sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri diğer çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Bazı çalışmalarda (Özbahçe ve Tarı, 2009; Kuscü ve ark. 2014b) elde edilen farklı sonuçların domates bitkisinin çeşidinden, iklim koşullarından ve sulama uygulamalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3. Uygulamalara göre TSSM, mevsimlik ET, WUE ve IWUE değerleri

Uygulama	TSSM (mm)	Mevsimlik ET (mm)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)
I-100	819	869	8.3	8.8
I-75	638	694	7.8	8.5
I-50	457	520	8.4	9.6
I-25	277	348	6.5	8.2

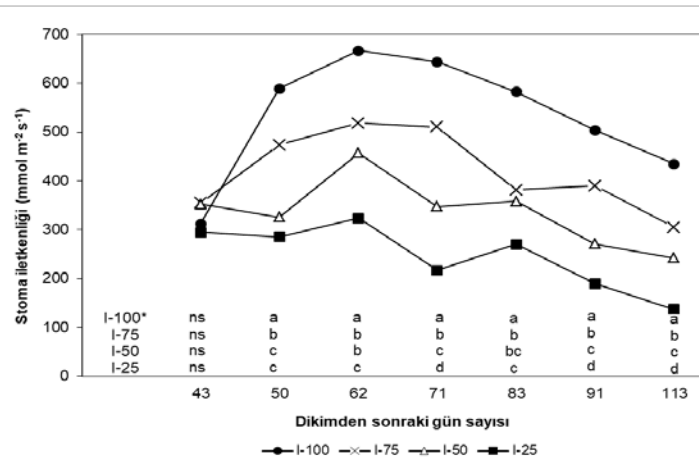
Domatesin WUE ve IWUE değerleri, sırasıyla 6.5-8.3 kg m⁻³ ve 8.2-9.6 kg m⁻³ arasında değişmiş olup her iki parametrede de en yüksek değerler I-50 uygulamasında elde edilmiştir. Bu durumda, söz konusu uygulamada bitkilerin tükettiği suyun ve uygulanan sulama suyunun verime dönüşme kabiliyetinin diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Yavuz ve ark. (2007) tarafından aynı alanda yapılan çalışmada, salçalık domateste de az sulanan uygulamalardan daha yüksek WUE ve IWUE değerleri elde etmişlerdir. Bununla beraber, Çanakkale ilinde yapılan diğer bir çalışmada, Yıldırım ve Bahar (2017) WUE değerlerinin 7.31-8.65 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. İtalya’da yarı-kurak Akdeniz iklimi koşullarında yapılan bir çalışmada, uygulamalara göre 44.6 mm ile 380.8 mm arasında değişen oranlarda sulama suyu uygulamışlar ve IWUE değerlerini 10.45-22.99 kg m⁻³ arasında elde etmişlerdir (Patane ve ark., 2011). Kuscı ve ark. (2014b), Bursa ilinde domates ile yaptıkları çalışmada, WUE ve IWUE değerleri sırasıyla, 7.2-18.3 kg m⁻³ ile 8.2-27.5 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Fizyolojik Özellikler

Çalışmada, deneme süresince domates bitkisine ilişkin fizyolojik özelliklerden stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli, yaprak oransal su içeriği ve klorofil değerleri ölçülmüştür.

Stoma İletkenliği

Yetiştirme periyodu boyunca uygulamalara göre domates bitkisine ilişkin stoma iletkenliği değerleri ile uygulamaların Duncan sınıfları Şekil 2’de verilmiştir.

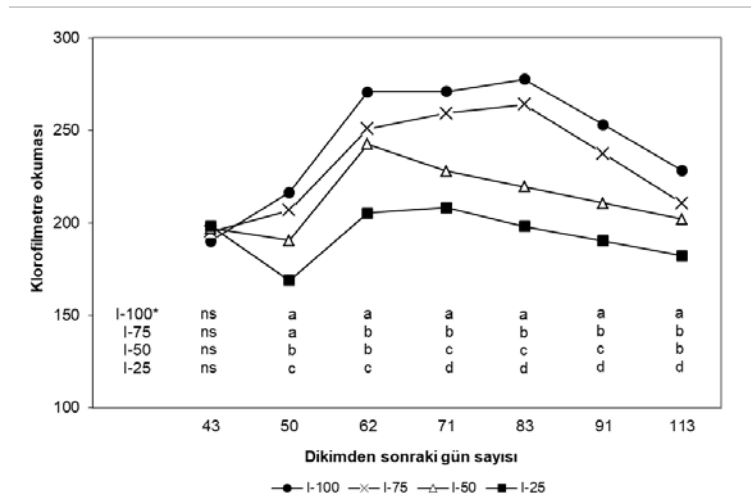


Şekil 2. Sulama uygulamalarına göre stoma iletkenliği değerlerinin değişimi

Yetiştirme periyodu boyunca ölçülen stoma iletkenliği değerleri uygulamalara göre $137 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ile $667 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ arasında değişmiş olup en yüksek değer I-100, en düşük değerler ise I-25 uygulamasından elde edilmiştir. Du ve ark. (2018) ve Giuliani ve ark. (2018) su stresi uygulanan domates bitkisinde stoma iletkenliğinin önemli oranda düştüğünü bildirmişlerdir. Deneme başlangıcından itibaren stoma iletkenliği değerleri genel olarak tüm uygulamalarda yükselmiş, DSG_{62} 'den sonra hasada kadar tekrar azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 2). Bu durum, söz konusu günden sonra, domates bitkisinin topraktan aldığı suyu daha çok meyve oluşumu için harcaması şeklinde yorumlanabilir. Dikimden sonraki ilk ölçümde (DSG_{43}), su stresi uygulamasına henüz başlanmadığı için uygulamalar arasında istatistiksel bir fark oluşmazken, sonraki tüm ölçümlerde stresin artışına bağlı olarak uygulamalar arasında belirgin bir farklılık meydana gelmiştir.

Klorofil Okumaları

Domates yapraklarındaki klorofil içeriğinin bir göstergesi olarak ölçülen klorofil okumaları uygulamalara göre 169 ile 278 arasında değişmiştir. Su stresinin artışına bağlı olarak klorofil değerleri de önemli oranda düşmüştür. Demirel ve ark. (2010) karpuzda yaptıkları çalışmada klorofil okumaları ile verilen sulama suyu miktarı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ve klorofilmetreyi kullanarak su stresinin gözlenebileceğini belirtmişlerdir. Stoma iletkenliği değerlerinde olduğu gibi klorofil okumalarında da benzer bir seyir gözlenmiştir. İlk ölçümde sulama uygulamalarına yapraklarda henüz klorofil parçalanma sürecine girmediği için bitkiler arasında su stresi meydana gelmemiş ve uygulamalar arasında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. İlerleyen ölçümlerde uygulamalar arasındaki farklılıklar artmış ve tam sulanan I-100, diğer uygulamalardan istatistiksel olarak farklı grupta yer almıştır.

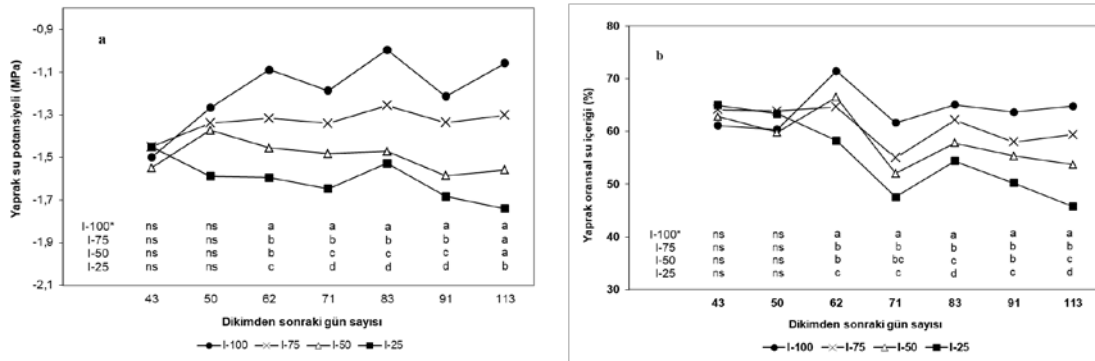


Şekil 3. Sulama uygulamalarına göre klorofil okumalarının değişimi

Yaprak Su Potansiyeli ve Yaprak Oransal Su İçeriği

Yetiştirme periyodu boyunca uygulamalara göre domates bitkisine ilişkin yaprak su potansiyeli (YSP) ve yaprak oransal su içeriği (YOSİ) değerleri ile uygulamaların Duncan sınıfları Şekil 4’de verilmiştir.

Yapraktaki su durumunun göstergesi olarak belirlenen YSP ve YOSİ değerleri en yüksek I-100 uygulamasında elde edilirken, en düşük değerler I-25 uygulamasından elde edilmiştir. Yetiştirme dönemi boyunca ölçülen YSP değerleri uygulamalara göre -1.74 MPa ile -0.99 MPa arasında değişmiştir. Nardella ve ark. (2008) domateste üç farklı sulama düzeyi (%100, %75 ve %50) uyguladıkları çalışmalarında, ölçüm zamanına ve uygulanan uygulamalara göre YSP değerlerini -1.04 ile -0.19 arasında bulmuşlardır.



Şekil 4. Sulama uygulamalarına göre YSP (a) ve YOSİ (b) değerlerinin değişimi

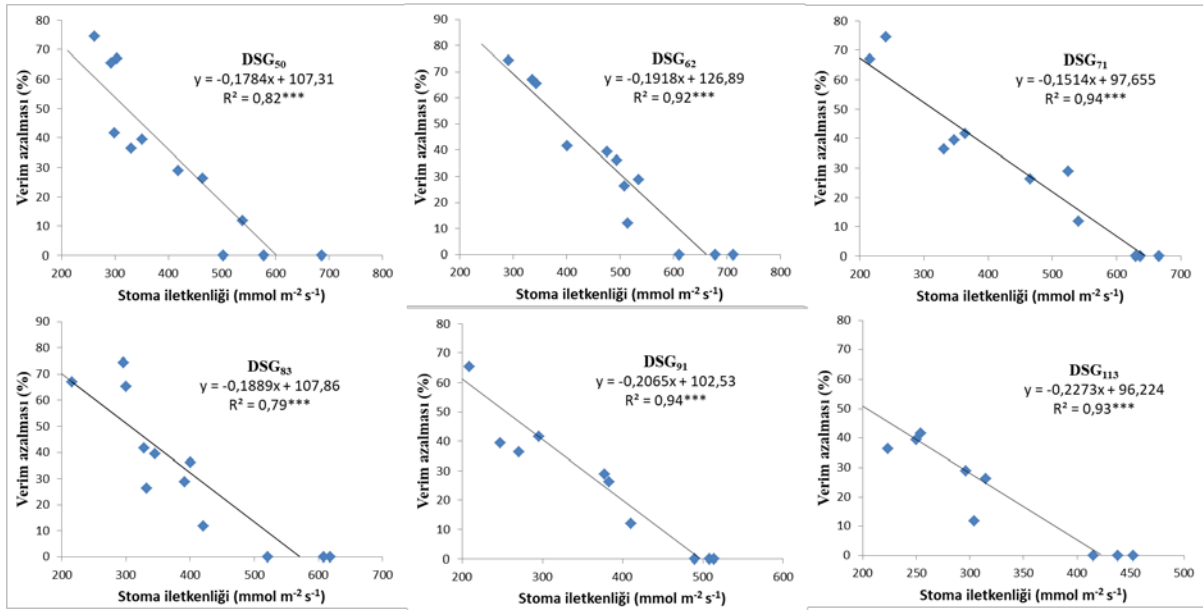
YOSİ değerleri uygulamalara göre %48 ile %71 arasında değişmiştir. Uygulamaların YSP ve YOSİ değerlerinin her ikisi de DSG_{50} 'den sonra farklılaşmıştır. Sonraki ölçümlerin tümünde su stresi uygulanan bitkilerin yapraklarındaki su düzeyleri önemli düzeyde azalmış ve azalma istatistiksel olarak farklı olmuştur. Domateste su stresine bağlı olarak hem YSP hem de YOSİ değerlerinin önemli düzeyde düştüğü Du ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada da bildirilmiştir. Mastrorilli ve ark. (2010) domateste su stresinin YSP değerini önemli oranda azalttığını belirtmiş ve stoma iletkenliği ile YSP arasındaki regresyon katsayısını 0.79 olarak bulmuşlardır. Kırnak ve Kaya (2004), domateste farklı sulama seviyeleri altında YOSİ değerlerini %70.5-95.2 arasında değiştiğini bildirmiştir. Alp ve Kabay (2017), farklı domates çeşitlerine uygulanan su stresinin YOSİ değerlerini %3.7-67.9 oranında azalttığını belirtmişlerdir. Demirel ve ark. (2010) Çanakkale ilinde başka bir bitkide (karpuz) yaptıkları çalışmada da su stresindeki artışa bağlı olarak yapraktaki su miktarının önemli düzeyde düştüğünü bildirmişlerdir.

Fizyolojik Özellikler ile Verim Azalması Arasındaki İlişkiler

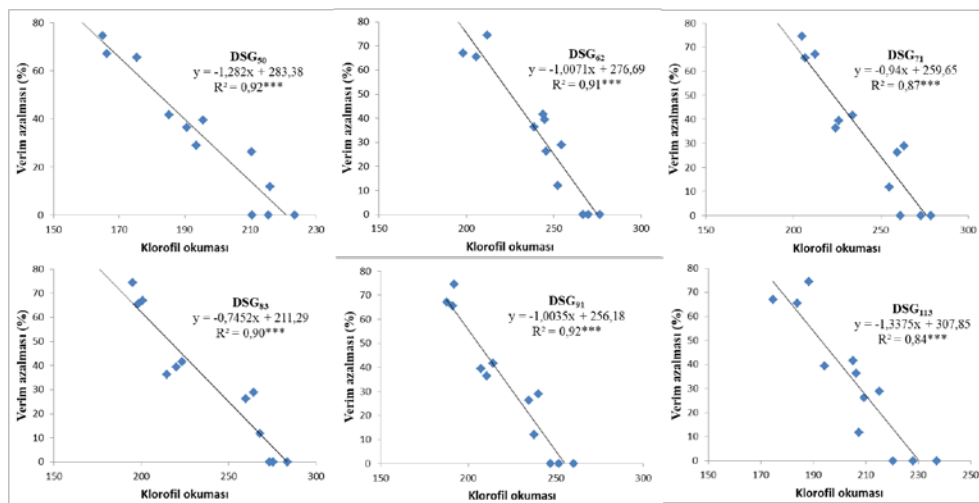
Verim azalması ile fizyolojik özellikler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla, her bir ölçüm için belirlenen stoma iletkenliği, klorofil okuması, yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği değerlerine karşılık verim azalmasının tahmin edilmesine yönelik yapılan regresyon analizleri sırasıyla Şekil 5, 6, 7 ve 8’de verilmiştir.

Stoma iletkenliği ile verim azalması arasındaki regresyon analizi sonuçlarına göre elde edilen R^2 değerleri 0.79 ile 0.92 arasında değişmiş olup tüm ölçüm zamanları için %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 5). En

düşük değer DSG₈₃'de elde edilirken, en yüksek değer DSG₇₁ ve DSG₉₁'de bulunmuştur. Klorofil okuması için R² değerleri 0.84 (DSG₁₁₃) ile 0.92 (DSG₅₀ ve DSG₉₁) arasında değişmiştir (Şekil 6). Elde edilen tüm R² değerleri p<0.001 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Çamoğlu ve ark. (2012) Çanakkale'de mısırdaki yaptıkları çalışmada klorofil okumaları ile verim arasındaki R² değerlerini büyüme dönemlerine bağlı olarak 0.79 ile 0.95 arasında bulmuşlardır. Demirel ve ark. (2009) ise yine aynı bölgede karpuz için söz konusu değerleri 0.91 ile 0.94 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

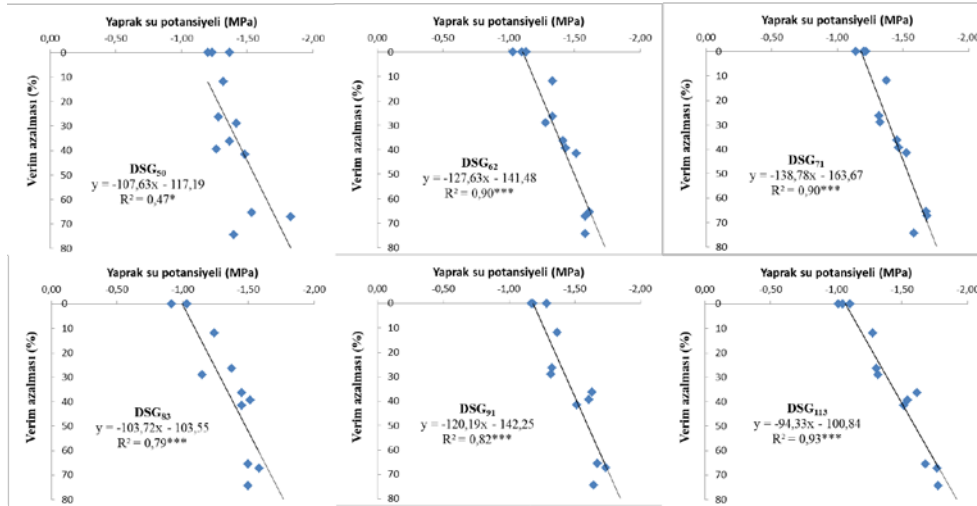


Şekil 5. Stoma iletkenliği ile verim azalması arasındaki regresyon analizleri

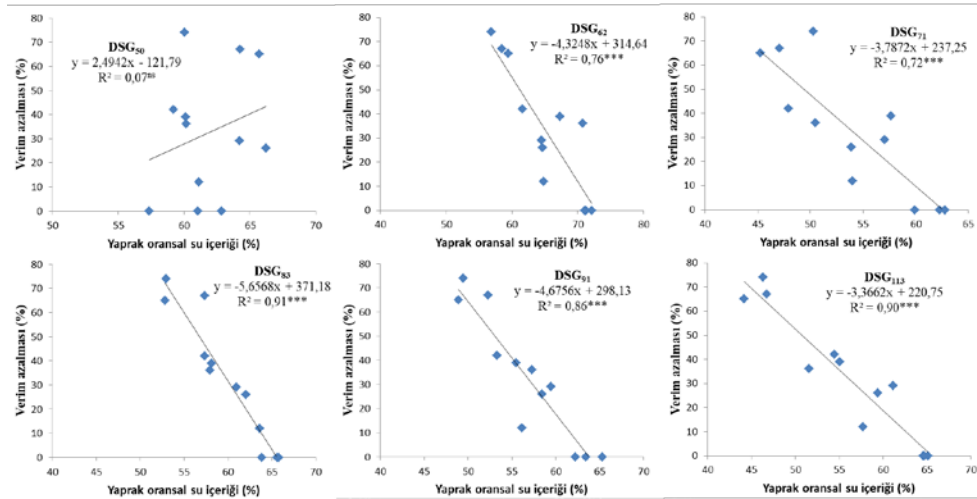


Şekil 6. Klorofil okuması ile verim azalması arasındaki regresyon analizleri

Yaprak su potansiyeli ile verim azalması arasındaki R^2 değerleri 0.47 ile 0.93 arasında değişmiş olup söz konusu değerler sırasıyla ilk ve son ölçüm günlerinde elde edilmiştir (Şekil 7). DSG_{50} 'deki R^2 değeri %5 düzeyinde önemli çıkarken diğer ölçümlerin tümünde %0.1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Yaprak oransal su içeriğinde R^2 değerleri ilk ölçümde önemsiz bulunmuş ancak söz konusu değerler sonraki ölçümlerde yükselmiş ve %0.1 düzeyinde önemli olmuştur (Şekil 8). Özellikle DSG_{83} ve sonrasında yapılan yaprak oransal su içeriği ölçümlerinin verim azalmasını belirlemede daha başarılı olduğu söylenebilir.



Şekil 7. Yaprak su potansiyeli ile verim azalması arasındaki regresyon analizleri



Şekil 8. Yaprak oransal su içeriği ile verim azalması arasındaki regresyon analizleri

Verim azalmasının doğru tespiti için her bir ölçüm gününü ayrı değerlendirilmek gerekmektedir. Buna göre her bir ölçüm gününde elde edilen en yüksek R^2 değerleri göz önüne alındığında; DSG_{50} , DSG_{62} , DSG_{71} ve

DSG₉₁'de stoma iletkenliği; DSG₈₃'de yaprak oransal su içeriği ve DSG₁₃'de stoma iletkenliği veya yaprak su potansiyeli ölçülerek verim azalımı daha doğru tahmin edilebilir.

Sonuç

Bu çalışmada, domateste bir kontrol ve üç farklı su kısıtı uygulamasının verime, su kullanım randımanlarına ve fizyolojik özelliklere etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, su stresi düzeyi arttıkça verimde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Bu nedenle, Çanakkale koşullarında yetiştirilen domates bitkisinde, herhangi bir su stresi yaşanmadan bitkinin ihtiyacı olan su miktarının tam olarak karşılanması gerektiği söylenebilir. Söz konusu koşulda, bitkinin mevsimlik su tüketimi 869 mm olarak hesaplanmıştır. En yüksek su kullanım randımanı ve sulama suyu kullanım randımanı %50 oranında su kısıtının yapıldığı uygulamadan konudan elde edilmiştir. Fizyolojik özelliklerden stoma iletkenliği, klorofil okumaları, yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği değerleri su stresine bağlı olarak önemli düzeyde azalmıştır. Ölçülen bu fizyolojik özellikler ile verim azalması arasında oldukça önemli ilişkiler bulunmuş ve elde edilen eşitlikler ile olası verim azalmasının başarılı bir şekilde belirlenebileceği ortaya çıkmıştır.

Kaynakça

- Ackley, W.B. 1954. Water contents and water deficits of leaves of bartlett pear trees on the two rootstocks P. Communis and P. Serotina, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64(1): 181-185.
- Anonim 2017. Çanakkale İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2017 Yılı Brifing Raporu. <https://canakkale.tarim.gov.tr/Menu/13/Brifingler> (Erişim tarihi: 02.06.2018).
- Çamoğlu, G., Genç, L. ve Aşık, Ş. 2012. Su stresi koşullarında klorofil okumalarıyla mısırın verim ve biyokütle tahmini. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs, İzmir, Türkiye, s:791-795.
- Demirel, K., Genc, L., Camoglu, G., Sacan, M., Asar, B. and Asik, S. 2009. Estimation of yield and some quality parameters by chlorophyll readings for watermelon. 2nd International Conference Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences 10–12 June, Lozenec, Bulgaria, p:243-247.
- Demirel, K., Genç, L., Çamoğlu, G. ve Aşık, Ş. 2010. Karpuz bitkisinde yaprak su içeriği ve klorofil okumalarından yararlanarak su stresinin belirlenmesi. *Namık Kemal Üni. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 7(3): 155-162.
- Du, Q., Zhang, D., Jiao, X., Song, X. and Li, J. 2018. Effects of atmospheric and soil water status on photosynthesis and growth in tomato. *Plant Soil Environ*. 64(1): 13-19.
- Evren, S. ve İstanbulluoğlu, A. 1995. Iğdır ovasında domates su gereksinimi. Köy Hiz. Gen. Müd. Erzurum Araş. Ens., Genel Yayın No:41(37) Erzurum.
- Fernandez, J.E. and Cuevas, M.V. 2010. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A Review. *Agricultural and Forest Meteorology*. 150(2): 135-151.

- Howell, T.A., Cuenca, R.H. and Solomon, K.H. 1990. Crop yield response management of farm irrigation systems. In: Hofman, G.J., et al. (Eds.), Management of Farm Irrigation Systems. ASAE, St. Joseph, Michigan, 311-312p.
- Giuliani, M.M., Carucci, F., Nardella, E., Francavilla, M., Ricciardi, L., Lotti, C. and Gatta, G. 2018. Combined effects of deficit irrigation and strobilurin application on gas exchange, yield and water use efficiency in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*. 233: 149-158.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z. ve Yıldırım, O. 1996. Sulama, Ankara Üniv. Ziraat. Fak. Ders Kitabı:424, Yayın No:1443, 25-26.
- James, L.G. 1988. *Principles of Farm Irrigation Systems Design*, John Wiley and Sons, New York. 543p.
- Kacar, B., Katkat, A.V. ve Öztürk, Ş., 2009. *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayın Dağıtım. 563s.
- Kırnak, H. and Kaya, C. 2004. Determination of irrigation scheduling of drip irrigated tomato using pan-evaporation in Harran plain. *Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 21(1): 43-50.
- Kuscu, H., Turhan, A. and Demir, A.O. 2014a. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. *Agricultural Water Management*. 133: 92-103.
- Kuscu, H., Turhan, A., Ozmen, N., Aydinol, P. and Demir, A.O. 2014b. Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Hort. Environ. Biotechnol*. 55(2): 103-114.
- Mastrorilli, M., Campi, P., Palumbo, A.D. and Modugno, F., 2010. Ground-based remote sensing for assessing tomato water-status. *Italian Journal of Agronomy*. 5(2): 177-183.
- Nardella, E., Giuliani, M.M., Gatta, G., Tarantino, E. and De Caro, A. 2008. Irrigation scheduling in processing tomato crop cultivated in Southern Italy: the role of physiological parameters. *Italian Journal of Agronomy*. 3(3): 685-686.
- Özbahçe, A. and Tari, A.F. 2009. Effects of different emitter spaces and irrigation levels on yield and yield components of processing tomato. *Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 26(2): 63-70.
- Patane, C., Tringali, S. and Sortino, O. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*. 129(4): 590-596.
- Shackel, K. 2000. The Pressure Chamber, a.k.a. "the bomb". University of California Fruit & Nut Research and Information Center website. <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/pressure-chamber.html>.
- Singandhupe, R.B., Rao, G.G.S.N., Patil, N.G. and Brahmanand, P.S. 2003. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* L.). *Europ. J. Agronomy*. 19(2): 327-340.
- Smart, R.E. and Bingham, G.E. 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiol*. 53(2): 258-260.
- TÜİK (2015). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi:27.02.2017).

- Ul, M.A., Anaç, S., Dorsan, F., Kapar, A. ve Kukul, Y. 1997. Farklı sulama suyu tuzluluk ve potasyumlu gübre düzeylerinin satsuma mandarini yaprak su potansiyeli üzerine etkileri, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran, Kirazlıyayla-Bursa, s:489-497.
- Yanmaz, R., Duman, İ., Yaralı, F., Demir, K., Sarıkamış, G., Sarı, N., Balkaya, A., Kaymak, H.Ç., Akan, S. ve Özalp, R. 2015. Sebze üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik kongresi, 12-16 Ocak, Ankara, s:579-605.
- Yavuz, M., Yıldırım, M., Camoglu, G. and Erken, O. 2007. Effect of different irrigation levels on yield, water use efficiency and some quality parameters of tomato. *The Phillippine Agricultural Scientist*. 90(4): 283-288.
- Yıldırım, M. and Bahar, E. 2017. Water and radiation use-efficiencies of tomato (*Lycopersicum Esculentum* L.) at three different planting densities in open field. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 30(1): 39-45.

