



Comice armut (*Pyrus Communis* L.) çeşidinin bitki su stres indeksi (CWSI)-verim ilişkisinin belirlenmesi

Determination relationship between crop water stress index (CWSI) and yield of Comice pear (*Pyrus communis* L.)

Cafer GENÇOĞLAN, Serpil GENÇOĞLAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 046100, Kahramanmaraş

Sorumlu yazar (*Corresponding author*): C. Gençoğlan, e-posta (*e-mail*): gencoglan@ksu.edu.tr
Yazar(lar) e-posta (*Author e-mail*): sgencoglan@ksu.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 04 Eylül 2018
Düzeltilme tarihi 29 Eylül 2018
Kabul tarihi 01 Ekim 2018

Anahtar Kelimeler:

Armut
Sulama
CWSI

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, farklı düzeylerde sulama suyu ile sulanan Comice armut (*Pyrus communis* L.) bitkisinde gözlenen infrared termometre değerlerinden yararlanılarak belirlenen CWSI-meyve verim ilişkisini belirlemektir. Sulama konuları, A sınıfı buharlaşma kabından yaklaşık 35 mm ve üzerindeki buharlaşmanın % 120'sinin (I_{120}), % 100'ünün (I_{100}), % 80'inin (I_{80}), % 60'mın (I_{60}) ve % 40'mın (I_{40}) verildiği 5 sulama konusundan oluşturulmuştur. Deneme tesadüf bloklar deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sulama konularında bitki su stres indeksi (CWSI), ampirik yöntemle hesaplanmıştır. Sulama mevsimi içerisinde buharlaşma kabından toplam 1104 mm buharlaşma ölçülmüştür. ET miktarı, sulama konularında sırasıyla 1287, 1046, 869, 669 ve 527 mm olarak bulunmuştur. Sulama konularından alınan ortalama verim sırasıyla 4.1, 3.4, 3.4, 3.0 ve 2.6 kg ağaç⁻¹'dir. Sulama konularında ortalama CWSI sırasıyla 0.275, 0.296, 0.311, 0.302 ve 0.356 olarak belirlenmiştir. Ağaç başına meyve verim ile CWSI arasında $Y = -16.499CWSI + 8.38$ ($R^2 = 0.786$) şeklinde fonksiyon saptanmıştır. Kısıntı miktarı arttıkça CWSI artmıştır. Armut verimi, anılan fonksiyon ve CWSI kullanılarak tahmin yapılabilir.

ARTICLE INFO

Received 04 September 2018
Received in revised form 29 September 2018
Accepted 01 October 2018

Keywords:

Pear
Irrigation
CWSI

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the CWSI-fruit yield relationship determined by using the infrared thermometer values observed in Comice pear (*Pyrus communis* L) irrigated at different levels. Irrigation treatments were created as 120%, 100%, 80%, 60% and 40% application of 35 mm evaporation, which was equal or greater, from Class A Pan. The experiment was carried out in 3 replications according to the randomized block trial design. Plant water stress index (CWSI) was calculated by empirical method. A total of 1104 mm evaporation was measured from the Pan during irrigation season. The ET amount was found to be 1287, 1046, 869, 669 and 527 mm in the irrigation areas, respectively. The average yields from plots are 4.1, 3.4, 3.4, 3.0 and 2.6 kg trees⁻¹ respectively. The average CWSI was determined as 0.275, 0.296, 0.311, 0.302 and 0.356 respectively. Relationship between fruit yield and CWSI were determined as $Y = -16.499CWSI + 8.38$ ($R^2 = 0.786$). CWSI increased as the amount of water decreased. Yield predicting can be done using function of CWSI.

1. Giriş

Her hangi bir bitkinin ne zaman sulanması gerektiğini, ne toprak su içeriği ne de atmosferik istem, bitkinin kendi içsel su durumu kadar doğru olarak belirleyemez. Bu nedenle, bitkinin içsel su durumunu belirlemeye yönelik yöntemler sulama programlarının hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır (Reginato ve Howe 1985). Yapılan araştırmalar, bitki su stresinin kolaylıkla ölçülebilen parametreler

kullanılmasıyla niceliksel olarak ifade edilebileceğini göstermiştir. Söz konusu parametreler, bitki tac-hava sıcaklığı farkı ile havanın buhar basıncı açığından oluşmaktadır (Idso ve ark. 1981). Bitkiler terledikçe yaprak sıcaklığı azalmakta ve hava sıcaklığının altına düşmektedir. Anılan fiziksel özellikten ve psikrometrik ölçümlerden yararlanarak CWSI belirlenmektedir (Jackson 1982). Söz konusu yöntem sayesinde ölçümler sırasında

bitkiye temas edilmediğinden, bitkilere zarar verilmemekte, hızlı ve doğru ölçümler yapılabilmektedir (Zipoli 1990).

Idso ve ark. (1981), farklı bitkilerde ve değişik yerlerde taş-hava sıcaklığı farkı ile buhar basıncı açığını (VPD) belirlemek için günlük ölçümler yapmışlardır. Bulutluluk dışında diğer çevre etmenlerini ihmal ederek bitkilerin potansiyel evapotranspirasyon yaptığı koşullarda taş (Tc)-hava sıcaklığı (Ta) farkı ile VPD arasında doğrusal bir ilişki olduğunu öğle saatlerinde yaptıkları ölçümlerle göstermişlerdir.

O'Toole ve Hatfield (1983), bitki su stresinin sezinlenmesinde en kritik aşamaların bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınır (UL) ile potansiyel düzeyde transpirasyon yaptığı varsayılan alt sınırın (LL) belirlenmesi olduğunu vurgulamışlardır. Idso (1982), çeşitli bitkilere ilişkin hem deneysel hem de teorik olarak geliştirilen alt sınır ilişkilerinin bitkiye bağlı olduğunu deneysel olarak göstermiş ve bazı bitkilerin değişik fenolojik devreleri için alt sınırın farklı olduğunu da ortaya koymuştur. Teorik ve ampirik olarak bulunan alt ve üst sınır çizgilerinden yararlanarak saptanan CWSI sıfır ile bir arasında değişmektedir. Horst ve ark. (1989), su stresinin olmadığı alt sınırın bitkinin türüne, çeşidine ve çevre koşullarına bağlı olduğunu ayrıca rüzgar hızından, net radyasyondan ve bitki tacından etkilendiğini ifade etmişlerdir. Uçak ve ark. (2017a), 6 farklı ayçiçeği hattında CWSI değerlerinin farklı olduğunu ortaya koymuşlardır. Uçak ve ark. (2017b), 30 yerfıstığı hattının CWSI'ni belirlemişlerdir. Sultan isimli hatta, en düşük CWSI bulunmuş ve buna karşılık en yüksek verim alınmıştır. Ekinci (2017), 17 ikinci ürün mısır çeşidinde verimin CWSI değerleri ile ters orantılı olarak değiştiğini belirlemiştir. Bu üç araştırmacıların sonuçları, bitki çeşidine ve hattına göre CWSI'nin değişebileceğini, ayrıca kuraklığa dayanıklı hatların veya çeşitlerin bu indeksle belirlenebileceğini göstermektedir.

Tarım alanlarında, sınırlı su kaynaklarının işletilmesinde uygun sulama programlarının öneminin giderek arttığını belirten Clawson ve Blad (1982), infrared termometre (IRT) ölçümlerinden belirlenen bitki su stres indeksinin sulama programlarının hazırlanmasında kullanılabileceği vurgulamışlardır. Nielsen ve Gardner (1987), CWSI ile sulama zamanının belirlenebileceğini, ancak bu yöntemin ne kadar su

uygulanacağı konusunda bir fikir vermeyeceğini belirtmişlerdir. Gençoğlan (1996), I. ürün mısır bitkisinde infrared termometre (IRT) değerlerinden yararlanılarak belirlenen CWSI'nin sulamayı başlatma eşik değeri olarak 0.21 CWSI alınabileceğini vurgulamıştır.

Bu çalışmada, farklı düzeylerde sulama suyu ile sulanan Comice armut (*Pyrus communis* L.) bitkisinde gözlenen infrared termometre değerlerinden yararlanılarak CWSI'nin belirlenmesi ve meyve verimi ile CWSI arasındaki ilişkinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi yerleşke alanında bulunan Quince ayva anacı üzerine aşılı 11 yaşındaki Comice armut çeşidi 4.5x0.6 m düzeninde, 70 m sıra uzunluğunda 3 sıra halinde dikilmiş, Comice armut (*Pyrus communis* L.) çeşidi bahçesinde 2015 yılında yürütülmüştür. Çalışma alanının denizden ortalama yüksekliği, 800 m olup 37° 36' N, 36° 55' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır

Araştırmanın yürütüldüğü Kahramanmaraş ili, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Uzun yıllık toplam yağış ortalaması 728 mm olan Kahramanmaraş'ta 2015 yılında toplam yağış miktarı 762 mm olarak ölçülmüştür. Sulama mevsimi genellikle kurak geçmektedir.

Armut ağaçları bitki sıraları arasında açılan bir toprak profilinden 0-30, 30-60 ve 60-90 cm'lik toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Anılan çizelgelerde görüldüğü gibi katmanlara göre toprağın hacim ağırlığı, 1.38-1.5 gr cm⁻³; ağırlık esasına göre tarla kapasitesi su içeriği, % 35.04-41.19 ve solma noktası, % 20.43-24.17 arasında değişmektedir.

Sulama suyu örneği analiz edilmiş ve analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Sulama suyu analiz sonuçlarına göre armut yetiştiriciliğinde tuz ve sodyum açısından herhangi zarar verici etkisi bulunmamaktadır.

Çizelge 1. Toprağın bazı fiziksel özellikleri.

Table 1. Physical properties of soil.

Katman Derinliği (cm)	Dane İriliği Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi P _w (%)	Solma Noktası P _w (%)	Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)
	Kum	Silt	Kil				
0-30	49.50	20.32	30.18	CL	35.04	22.39	1.38
30-60	36.28	23.91	39.80	CL	35.99	24.17	1.36
60-90	31.81	23.97	44.22	C	41.19	20.43	1.50

TK= 388.52 mm ve SN= 210.054 mm.

Çizelge 2. Toprağın bazı kimyasal özellikleri.

Table 2. Chemical properties of soil.

Katman Derinliği (cm)	EC (dS m ⁻¹)	pH	CaCO ₃ (%)	Organik Madde (%)	Katyonlar (me lt ⁻¹)			Anyonlar (me lt ⁻¹)		
					Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻
0-30	0.022	7.61	9.29	0.88	2.5	0.16	0.04	1.6	0.1	1.0
30-60	0.018	7.76	7.96	1.76	3.5	0.51	0.05	2.1	0.5	1.5
60-90	0.019	7.80	9.29	2.67	2.9	0.27	0.03	1.7	0.4	1.1

Çizelge 3. Sulama suyu analiz sonuçları.

Table 3. Results of irrigation water analysis.

Suyun Sınıfı	EC (µS m ⁻¹)	pH	Na %	SAR	Katyonlar (me lt ⁻¹)			Anyonlar (me lt ⁻¹)			
					(Ca ⁺⁺)+(Mg ⁺⁺)	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻
C ₂ S ₁	410	7.26	51	0.01	3.8	0.02	0.07	-	2.0	0.29	1.6

Araştırmada sulama programı, A sınıfı buharlaşma kabı yntemine göre hazırlanmıştır. Bu amaçla A sınıfı buharlaşma kabı, armut bahçesi yakınına, standartlara uygun bir yere yerleştirilmiştir. A sınıfı buharlaşma kabı günlük buharlaşma miktarı, günlük ölçülen su yükseklikleri farkı alınarak belirlenmiştir. Günlük buharlaşan toplam su miktarı yaklaşık 35 mm ve üzerinde olduğunda armut parselleri sulanmıştır.

Sulama konuları; yaklaşık 35 mm ve üzerindeki toplam buharlaşan suyun % 120'sinin % 100'nun, % 80'inin, % 60'mın ve % 40'nın verilmesi şeklinde oluşturulmuştur. Buna göre bitki-pan katsayıları (kcp) sulama konularına göre sırasıyla 1.20, 1.00, 0.80, 0.60 ve 0.40'ı olarak alınmıştır. Bu sulama programına göre sulama aralığı günlük buharlaşan sulama suyu miktarlarına göre değişmiştir. Oluşturulan toplam 5 adet sulama konusu sırasıyla I₁₂₀, I₁₀₀, I₈₀, I₆₀ ve I₄₀ olarak adlandırılmış ve uzunluğu 50 m olan 3 armut bitki sıralarına ayrı ayrı tesadüfen dağıtılmıştır. Çalışma, tesadüf bloklar deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yrtlmştir. Deneme planı Şekil 1'de verilmiştir. Denemede her bir parselin uzunluğu 10 m ve her parselde toplam 14-15 armut bitkisi vardır.

Deneme parselleri damla sulama yntemiyle sulanmıştır. Bu amaçla I₁₂₀, I₁₀₀, I₈₀, I₆₀ ve I₄₀ parsellerine 1 atm'lik işletme basıncında damlatıcı debisi 4 L h⁻¹ (inline-ie geik), aralığı 71 cm olan iki adet Ø16 lateral, armut bitkisi gövdesinin sağına ve soluna 35.5 cm uzaklığa toprak yüzeyine yerleştirilmiştir.

Böylece yarı kurak bölgelerde minimum ıslatılan alan oranı olan % 30'un üzerindeki bir alanın ıslatılması hesaplanmıştır. Sulama konularında her iki laterallerin başına dijital su saati, selenoid vana ve sonuna da kr tapalar eklenmiştir. Damla sulama kontrol ünitesinde su deposu, motopomp, hidrosiklon, kum-çakıl filtre, gübre tankı ve disk filtre vardır. Damla sulama kontrol nitesi ile lateraller arasındaki ana boru, Ø32'lik PE'dir. Damla sulama sistemine basıncı, 2.2 kW'lık motopompla sağlanmıştır (Gençoğlan ve Gençoğlan 2016).

Sulama konularına uygulanacak sulama suyu miktarı ıslatılan alan yüzdesinden yararlanılarak Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Gençoğlan ve ark. 2006).

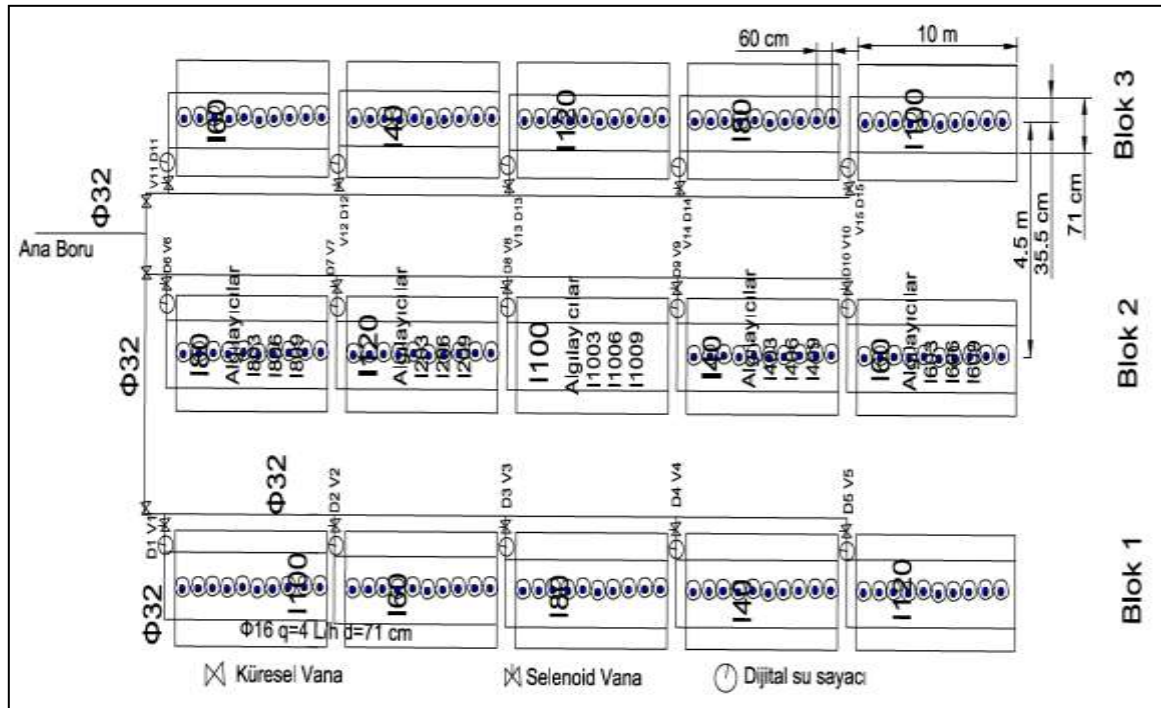
$$V = E_p \cdot k_{cp} \cdot L \cdot W \quad (1)$$

Eşitlikte V: Sulama konularına uygulanacak sulama miktarı, E_p: A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarı (mm) (E_p 35 mm ve üzeri alınmıştır), k_{cp}: Bitki-pan katsayısı, L: Sulama parseli uzunluğu (10 m), W: ıslatılan alan genişliği (1.42 m). Toprak nem içeriğini doğru okuyabilmek için toprak nem algılayıcı (TNA)'larının kalibrasyonunu Gençoğlan ve ark. (2017)'de verdiği yntemler yapılmıştır.

Armutun 60 cm'lik toprak profilinden tükettiği su (Evapotranspirasyon) Howell ve ark. (1986)'nın belirttiği bir boyutlu su dengesi eşitliği (Eşitlik 2) ile belirlenmiştir.

$$ET = I + P + D_p \pm R_{off} \pm \Delta s \quad (2)$$

Eşitlikte, ET: Evapotranspirasyon (mm), I: sulama suyu miktarı (mm), P: Yağış (mm) (Yağış, armut bahçesinin yakınında kurulu otomatik iklim istasyonundan alınmıştır), D_p: Etkili kök bölgesinin altına szlen su miktarı (mm), (Etkili kök bölgesinin altına sızan su miktarı 60-90 cm'lik katmanda sulamadan hemen önce ve sulamadan 1 gün sonra algılayıcılar ile yapılarak belirlenmiştir), R_{off}: Yüzey akış miktarı (mm) (Damlatıcı debisi toprağın infiltrasyon hızından düşük seçildiğinden yüzey akış (R_{off}) sıfır alınmıştır), Δ s: Dönem başı ile dönem sonu arasındaki depolama farkıdır (mm). Deneme alanında taban suyu 4-5 metrenin altında olduğu için etkili kök bölgesine kapılar su yükselişi ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Bundan dolayı da kapılar su sıfır alınmıştır (Hanks ve ark. 1976).



Şekil 1. Deneme planının şematik görünümü.

Figure 1. Schematic view of the experimental plan.

Çalışmada, CWSI-verim arasındaki ilişkinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla I₁₂₀, I₁₀₀, I₈₀, I₆₀ ve I₄₀ sulama konularında CWSI, **Idso ve ark. (1981)**'nin geliştirdikleri Eşitlik 3 ampirik yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - LL]}{UL - LL} \quad (3)$$

Eşitlikte; T_c: taç sıcaklığı (°C), T_a: hava sıcaklığı (°C), LL: bitkilerin su stresinin olmadığı alt sınır, UL: bitkilerin tamamen stres altında olduğu üst sınır değerlerini ifade etmektedir. LL ve UL, **Gençoğlan (1996)**'nın verdiği yöntemlerle belirlenmiştir.

Bitki taç sıcaklığı ölçümleri tüm konularda portatif infrared termometre yardımı ile ölçülmüştür. Taç sıcaklığı (T_c) ölçümleri, havanın tamamen açık olduğu veya bulutları güneşi engellemediği koşullarda saat 12:00-14:00 arasında alınmıştır.

Taç sıcaklığı ölçümleri sulamalardan önce ve sonra ölçümleri kısıtlamayan her gün yapılmıştır. Ölçümlerde her parselin Doğu-Batı yönlerinden ve 3 yinelemeli olarak 6 değerler ortalaması alınarak ortalama taç sıcaklığı bulunmuştur. Bitki taç sıcaklığı ölçümlerinin başında ve sonunda ıslak ve kuru termometre değerleri alınmıştır.

Yapılan toprak analizi sonucuna göre armut ağacı başına 1200 gr azot miktarı önerilmiştir. Azotlu gübre 3 kısma ayrılarak uygulanmıştır. Armut bahçesinde Armut Psillidi zararlısı gözlenmiştir. Armut Psillid zararlısına (*Cacopsylla pyri* L.) karşı etkili olan ticari adı Confidor (Imidacloprid) (40 ml 100 L⁻¹ suya) dozunda uygulaması yapılmıştır.

Deneme alanı toprağını havalandırmak ve yabancı ot mücadelesi yapmak amacıyla denemenin yürütüldüğü araziye iki kez armut bitki sıra aralarına kültüvator çekilmiştir. Bitki sıra üzerindeki yabancı otlar, el çapası ile çapalanmıştır.

Farklı düzeylerde uygulanan sulama suyu miktarının armut verimine etkisini belirlemek amacıyla varyans ve regresyon analizleri yapılmıştır

3. Bulgular ve Tartışma

Toprak profilinin 0-30, 30-60 ve 60-90 cm'lik profil katmanları için bu kalibrasyon eşitlikleri sırasıyla P_{V(0-30)}= 0.0035DOD-24.16 (R²= 0.789), P_{V(30-60)}= 0.0037DOD-22.13 (R²= 0.857) ve P_{V(60-90)}= 0.0034DOD-21.81 (R²= 0.802) şeklinde elde edilmiştir. Bu eğriler kullanılarak, dijital okumalarla belirlenen toprak nem içerikleri hacimsel su içeriğine çevrilmiştir.

Denemede, Comice armut çeşidinin sulamasına 16.06.2015 tarihinde başlanılmış ve yaprakların sararmaya başlamasıyla birlikte 16.10.2015 tarihinde son verilmiştir. Sulama mevsimi

içerisinde buharlaşma kabından toplam 1104 mm buharlaşma ölçülmüştür. Yürütülen çalışmada ilk sulamada, tüm sulama konularındaki armudun 60 cm'lik etkili kök derinliğindeki mevcut nemi tarla kapasitesine çıkararak 52 mm su uygulanmıştır. Sulama sezonunda I₁₂₀, I₁₀₀, I₈₀, I₆₀ ve I₄₀ sulama konularına verilen toplam su miktarı sırasıyla 1314, 1104, 894, 683 ve 473 mm olarak belirlenmiştir (**Çizelge 4**). Nem okumaları sonucunda armudun 60 cm'lik etkili kök derinliği altına sızan su miktarı sulama konularına göre sırasıyla 52, 76, 53, 55 ve 0 mm olarak hesaplanmıştır. Sulama konularına uygulanan net sulama suyu miktarı sırasıyla 1262, 1028, 841, 628 ve 573 mm olarak bulunmuştur. Sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı kcp katsayılarına bağlı olarak değişmiştir. **Kang ve ark. (2002)**, armut ağacı sulamasında sürekli yüzey sulama (CFI), sabit kısmi kök kuruluğu (FPI) ve dönüşümlü kısmi kök kuruluğu (API) sulama tekniklerini kullanarak yürüttükleri çalışmada sırasıyla 291, 223 ve 141 mm sulama suyu uygulamışlardır. **Kıraç (2007)**'in "Mondial Gala" ve **Kıraç (2016)**'in "Red Chief" bodur elma çeşitlerini geleneksel ve kısmi kök kuruluğu sulama tekniği ile uyguladıkları su miktarı sırasıyla 592-1777 mm ve 97-780 mm arasında değişmiştir. Yapılan bu çalışmanın sulama suyu sonuçları ile yukarıda verilen çalışmaların sonuçları uygulanan sulama programına bağlı olarak farklı çıkmıştır.

Sulama mevsimi boyunca, sulama konularında belirlenen Armutun evapotranspirasyon (ET) miktarı **Çizelge 4**'de verilmiştir. Anılan çizelgede görüldüğü gibi ET miktarı I₁₂₀, I₁₀₀, I₈₀, I₆₀ ve I₄₀ sulama konularında sırasıyla 1287, 1046, 869, 669 ve 527 mm olarak bulunmuştur. En yüksek, ET I₁₂₀ ve en düşük ET ise I₄₀ sulama konusunda belirlenmiştir. Bitki-pan katsayısına göre sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı artmış ve buna bağlı olarak armudun ET değeri yükselmiştir.

Kang ve ark. (2003), armut ağacı sulamasında sürekli yüzey sulama (CFI), sabit kısmi kök kuruluğu (FPI) ve dönüşümlü kısmi kök kuruluğu (API) sulama tekniklerini kullanarak yürüttükleri çalışmada, bitki su tüketimini sırasıyla 865.3, 795.6 ve 804.7 mm olarak bulmuşlardır. **Kıraç (2007)**'in "Mondial Gala" ve **Kıraç (2016)**'in "Red Chief" bodur elmayı geleneksel ve kısmi kök kuruluğu sulama tekniğinde suladığı konulardan belirlediği su tüketim miktarı sırasıyla 702-1881 mm ve 222-865 mm arasında değişmiştir. Yukarıda belirtilen bitki su tüketim değerleri ile bu çalışmada bulunan ET değerleri, bitki ve iklim farklılığından dolayı farklı çıkmıştır.

Armut meyveleri, 04.10.2015 tarihinde elle hasat edilmiştir. Sulama konularından ağaç başına meyve verimi **Çizelge 4**'te verilmiştir. Sulama konularında (I₁₂₀, I₁₀₀, I₈₀, I₆₀ ve I₄₀) meyve verimi sırasıyla 4.1, 3.4, 3.4, 3.0 ve 2.6 kg ağaç⁻¹ olarak belirlenmiştir. En yüksek verim I₁₂₀, en düşük verim ise I₄₀ sulama konusundan hasat edilmiştir. I₄₀ sulama konusunda meyve sayısı fazla olmasına rağmen su stresinin meyve ağırlığını düşürmesi nedeniyle ağaç başına verimde düşük çıkmıştır.

Çizelge 4. Sulama konuları sulama suyu miktarı, evapotranspirasyon ve verim.

Table 4. Irrigation water, evapotranspiration and yield for irrigation treatments.

Sulama Konuları	Sulama Suyu Miktarı (L, mm)	Derine Sızan Su Miktarı (mm)	Net Sulama Suyu Miktarı (mm)	Evapotranspirasyon (ET, mm)	Armut Verim (kg ağaç ⁻¹)
I120	1314	52	1262	1287	4.1
I100	1104	76	1028	1046	3.4
I80	894	53	841	869	3.4
I60	683	55	628	669	3.0
I40	473	0	473	527	2.6

Kang ve ark. (2002), armut ağacı sulamasında sürekli yüzey sulama (CFI), sabit kısmi kök kuruluğu (FPI) ve dönüşümlü kısmi kök kuruluğu (API) sulama tekniklerini PRD sulama tekniklerini kullanarak yürüttükleri çalışmada ağaç başına sırasıyla 244, 237 ve 256 kg verim almışlardır. Bu ağaçlar 24 yaşında, büyük ağaçlardır. Bu çalışmada kullanılan bitki bodur armuttur. Bodur armut daha sık dikilir ve birim ağaç başına verim düşük, bodur olmayan armut seyrek dikilir ve ağaç başına verimi daha yüksektir. Bu nedenle bu çalışmada ağaç başına meyve verimi düşüktür.

Sulama konuları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır. Sulama konuları, bitki sıralarından tesadüfen seçilmiş olmasına rağmen konuların meyve sayıları farklı çıkmaktadır. Ağaçlardaki meyve sayısı bir önceki yılın kültürel işlemlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu da istatistiksel anlamda meyve verimi değerlendirmeyi zora sokmaktadır. Meyve ağaçlarında verim çalışması, en az 3-4 yıl olmalıdır. İstatistiksel olarak fark bulunmasa bile Quince ayva anacı üzerine aşıllı Comice armut çeşidi, farklı düzeylerde uygulanan su miktarına tepki göstererek verimin farklılaşmasına neden olmuştur. Diğer bir ifadeyle verimin, belirli limitler içerisinde uygulanan sulama suyu miktarı ile doğru ilişkili olduğu belirlenmiştir. Comice armut çeşidinin sığ köklü olması nedeniyle sık sulama gereksinimi doğmaktadır.

Denemede CWSI, 7 Haziran-17 Eylül tarihleri arasında belirlenmiştir. LL ve UL eşitlikleri Şekil 2’de verilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi LL eşitliği $T_c - T_a = 1.672 - 3.582 \times VPD$ ($R^2 = 0.85$) olarak belirlenmiştir. Yapılan birçok araştırmada LL eşitliğinin arakesit değerlerinin bitkiye ve iklim koşullarına göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen LL arakesiti de $1.672 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiş olup, Kıraç (2007)’in "Mondial Gala" bodur elmada belirlediği LL (0.59) değerinden ve Kıraç (2016)’ın "Red Chief" bodur elmada belirlediği LL (-0.1982) değerlerinin her ikisinden de büyük çıkmıştır. Ayrıca, bu duruma örtü yüzdesi ve bitki boyu da etki etmiş olabilir. UL eşitliği, $T_c - T_a = 3.05 - 0.385 \times VPG$ ($R^2 = 0.64$) olarak belirlenmiştir. UL eşitliğinin eğimi küçük olduğu için $T_c - T_a = 3.05 \text{ }^\circ\text{C}$ şeklinde kabul edilmiştir (Şekil 2).

UL değerini; Paltineanu ve ark. (2008), M9 anacına aşıllı Idared elmalarında $T_c - T_a = 4.50 \text{ }^\circ\text{C}$, Kıraç (2007), tarafından M9 anacına aşıllı Mondial Gala elmada $T_c - T_a = 1.19 \text{ }^\circ\text{C}$, Kıraç (2016), Red Chief bodur elmada $T_c - T_a = -0.21 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen UL arakesit değeri, elmada yapılan çalışmalara (Kıraç 2007; Paltineanu ve ark.,

2008; Kıraç 2016) göre daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu da UL’nin bölgeye ve bitki çeşidine göre değişebileceğini göstermektedir. Ayrıca ampirik yöntemlerle belirlenen bu değerin hesaplanmasında kullanılan verilerin ölçümündeki hatalar da bu değeri etkileyebilir.

CWSI değerleri sulama mevsimi boyunca sulama konularında belirlenmiş ve Şekil 3’te verilmiştir. Comice armudunda, sulamalardan sonra genellikle su stresi azalmış ve buna bağlı olarak CWSI değeri de azalmıştır. Anılan şekilde görüldüğü gibi I_{120} , I_{100} , I_{80} , I_{60} ve I_{40} , sulama konularında sırasıyla 0.0-0.62, 0.0-0.56, 0.0-0.69, 0.0-0.68 ve 0.0-0.82 arasında değişmiştir. Sulama konularının CWSI değeri biri birlerine çok yakın çıkmıştır. En yüksek CWSI değeri, I_{40} sulama konusunda gözlenmiş ve diğer konularda ise biri birlerine yakın çıkmıştır. Bunun nedeni I_{120} , I_{100} , I_{80} sulama konularında uygulanan suyun, stres oluşturmamasından kaynaklanabilir.

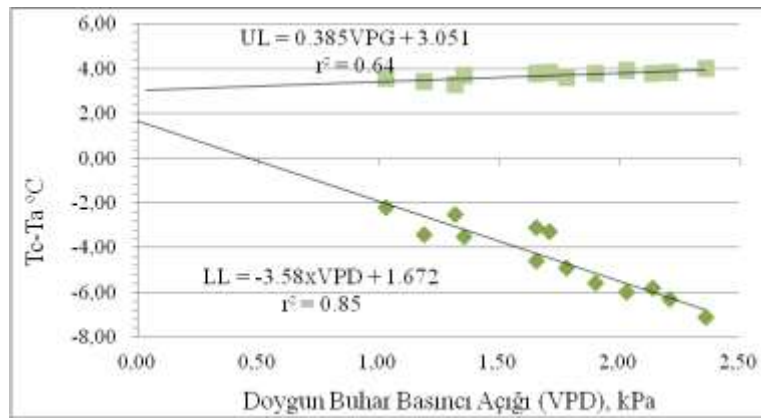
Sulama konularında sulama öncesi, sulama sonrası ve yetiştirme mevsimi süresince hesaplanan CWSI değerleri Çizelge 5’de, verilmiştir. Çizelge 5’de görüldüğü gibi genel olarak sulamadan önce CWSI değerleri en yüksek değere ulaşmış, sulamadan sonra tekrar azalmıştır. Çok su uygulanan sulama konularından, az su uygulanan sulama konularına doğru, su kısıntısının düzeyine bağlı olarak CWSI değeri artmıştır.

Çizelge 5. Sulama konularında hesaplanan CWSI değerler.

Table 5. The calculated CWSI for irrigation treatments.

Sulama Konuları	Sulama Öncesi CWSI	Sulama Sonrası CWSI	Ortalama CWSI
I_{120}	0.315	0.242	0.275
I_{100}	0.329	0.272	0.296
I_{80}	0.343	0.281	0.311
I_{60}	0.337	0.268	0.302
I_{40}	0.394	0.322	0.356

Kıraç (2016), Red Chief bodur elmada geleneksel sulama (GS), 5 günde bir dönüşümlü kısmi kök kuruluğu (KKK₅) ve 10 günde bir dönüşümlü kısmi kök kuruluğu (KKK₁₀) konularını karşılaştırmıştır. GS konularında 0.10 ile 0.52 arasında yoğunlaşan CWSI değerleri, KKK₅ konularında 0.12 ile 0.64 değerleri arasında, KKK₁₀ konularında ise 0.18 ile 0.64 arasında yoğunlaşmıştır. Kıraç (2007), M9 anacına aşıllı Mondial Gala elmalarında 0.33 ile 0.62; Paltineanu ve ark. (2008), M9 anacına aşıllı Idared elma çeşidinde genel olarak 0.10 ile 0.80 arasında

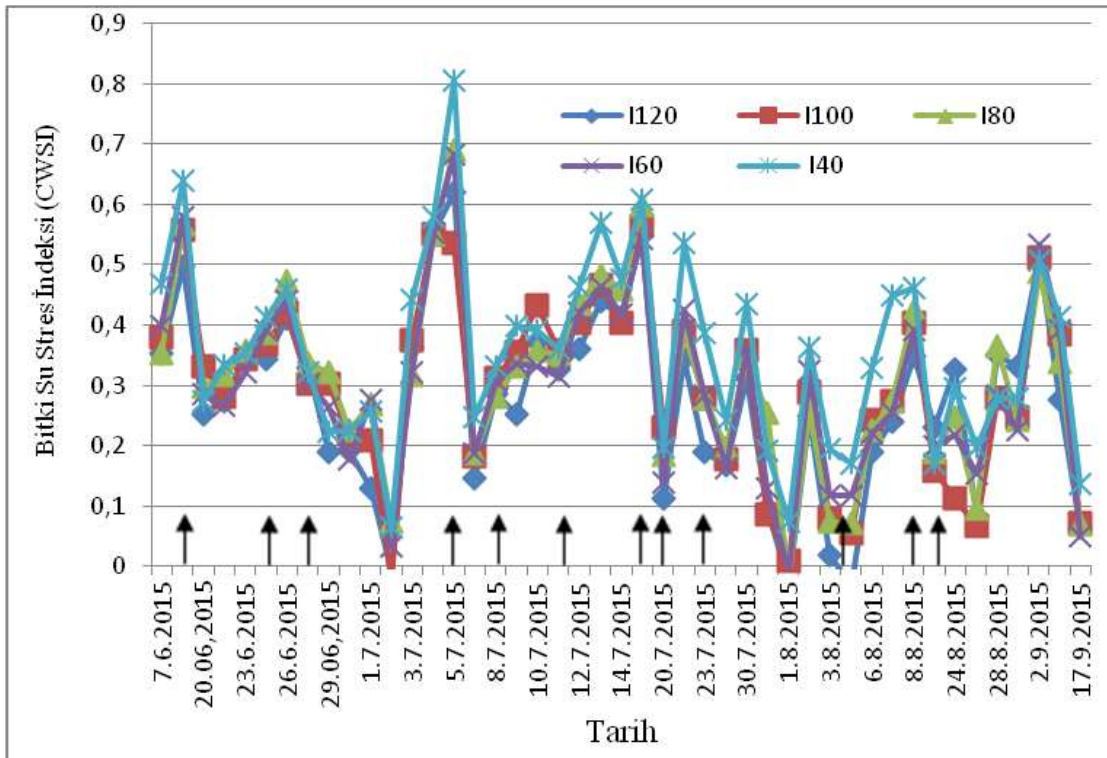


Şekil 2. Comice armut için belirlenen alt ve üst sınır ilişkileri.

Figure 2. Relationships of lower and upper limits for Comice pear.

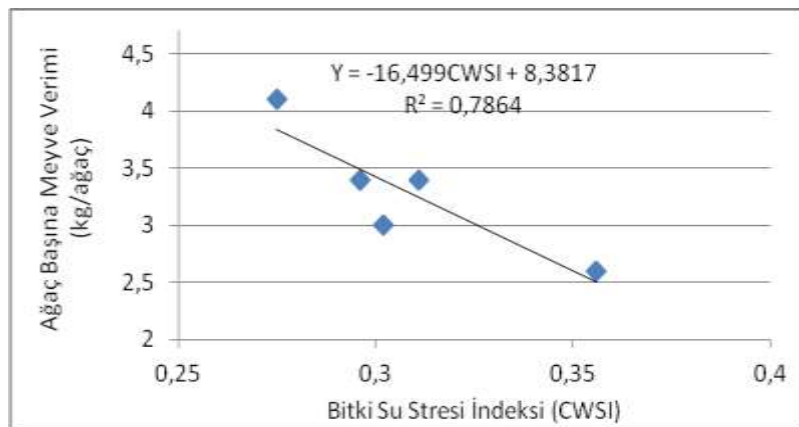
değiştirdiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada da ortalama olarak 0.05 ile 0.80 arasında sonuçlar çıkmıştır. Gençoğlan ve Yazar (1999) ile Uçak ve Gençoğlan (2013), su kısıntısının mısırın CWSI değerinin artırdığını belirtmişlerdir. Ödemiş ve Baştuğ (1999), sulamalardan sonra CWSI değerinin azalması için bir zaman periyoduna ihtiyaç olduğunu ve bu sürenin 4-5 gün arasında değiştiğini, toprakta su miktarı azaldıkça bitkinin su stresi çektiğini ve dolayısı ile CWSI değerinde bir artış olduğunu vurgulamışlardır. Erdem ve ark. (2006), farklı sulama düzeylerinin CWSI değerinde değişim meydana getirdiğini ve en az su verilen konudan en yüksek CWSI değeri ölçtüğünü belirtmişlerdir. Denemeden elde edilen sonuçlar anılan çalışmalarda bahsedilen bulgularla paralellik göstermektedir.

CWSI ve ağaç başına meyve verimi arasındaki ilişkisi Şekil 4'de verilmiştir. CWSI ile ağaç başına meyve verimi arasında doğrusal ters ilişki vardır. CWSI arttıkça verim azalmıştır. CWSI ile verim arasında $Y = -16.499CWSI + 8.38$ ($R^2 = 0.79$) şeklinde bir ilişki bulunmuştur. CWSI, verimi % 79 oranında etkilediği ($R^2 = 0.79$) belirlenmiştir. Meyve verimine, kalan % 21'lik etmenler etkili olmuştur. Armut verim tahmini, anılan fonksiyon ve CWSI kullanılarak yapılabilir. Kırac (2007) M9 anacına aşılı Mondial Gala elma ve Kırac (2016), Red Chief bodur elma verimi ile CWSI arasında doğrusal ters ilişkiler bulmuştur. CWSI-elma verimi ile CWSI-Comice armut verimi arasındaki ilişkiler benzerdir.



Şekil 3. Sulama konularında saptanan CWSI değerleri (Ok işareti sulamaları göstermektedir).

Figure 3. The determined CWSI values for irrigation treatments (Arrows show irrigations).



Şekil 4. CWSI ve meyve verimi arasındaki ilişki.

Figure 4. Relationship between CWSI and fruit yield.

Teşekkür

Bu makale, TÜBİTAK 2130097 nolu projeden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Clawson KL, Blad BL (1982) Infrared Thermometry for Scheduling Irrigation of Corn. *Agron. J.* 74: 311-316.
- Ekinci M (2017) Kahramanmaraş Koşullarında İkinci Ürün Mısır Çeşitlerinde Agromorfolojik Özelliklerinin, Su Stresi Ve Stoma İndekslerinin Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Kahramanmaraş.
- Erdem T, Erdem Y, Orta AH, Okursoy H (2006) Use of a Crop Water Stress Index for Scheduling the Irrigation of Sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Turk J Agric For* 30(1): 11-20.
- Gençoğlan C (1996) Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. s. 235.
- Gençoğlan C, Yazar A (1999) Çukurova Koşullarında Yetiştirilen I. Ürün Mısır Bitkisinde Infrared Termometre Değerlerinden Yararlanılarak Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) ve Sulama Zamanının Belirlenmesi. *Turk J Agric For* 23: 87-95.
- Gençoğlan C, Altunbey H, Gençoğlan S (2006) Response of Green Bean (*P. Vulgaris L.*) to Subsurface Drip Irrigation and Partial Rootzone-Drying Irrigation. *Agric Water Manag* 84(3): 274-280.
- Gençoğlan C, Gençoğlan S (2016) Development of Irrigation Automation System (IAS) Using By Programmable Logic Controller (PLC) and Its Application on Irrigation Scheduling Created Using Class A Pan VII. International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym 2016, 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings. pp. 1823-1828.
- Gençoğlan C, Gençoğlan S, Nikpeyma Y (2017) Bodur Armut (*Pyrus Communis L.*) Sulamasında A Sınıfı Buharlaşma Kabı Kullanarak Oluşturulan Sulama Programlarının Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) Tarafından Kontrol Edilmesi. TÜBİTAK No: 2013O097, Ankara.
- Hanks RJ, Keller J, Rasmussen VP, Wilson GD (1976) Line Source Sprinkler For Continuous Variable Irrigation-Crop Production Studies. *Soil Sci Soc Am J* 40(3): 426-429.
- Horst GL, O'Toole JC, Faver KL (1989) Seasonal and Species Variation in Baseline Functions for Determining Crop Water Stress Indices in Turfgrass. *Crop Sci* 29: 1227-1232.
- Howell TA, Musick JT, Tolk JA (1986) Canopy Temperature of Irrigated Winter Wheat. *Trans ASAE* 29(6): 1692-1698.
- Idso SB, Jackson RD, Pinter PJ, Reginato RJ, Hatfield JL (1981) Normalizing The Stress-Degree-Day Parameter for Environmental Variability. *Agricultural Meteorology* 24: 45-55.
- Idso SB (1982) Non-Water-Stressed Baselines: A Key to Measuring and Interpreting Plant Water Stress. *Agric Meteorol* 27: 59-70.
- Jackson RD (1982) Canopy Temperature and Crop Water Stress. *Advances in Irrigation*. Edited by Daniel Hillel. Academic Press 1: 43-85. New York. London.
- Kang S, Hu X, Du T, Zhang J, Jerie P (2002) Transpiration Coefficient and Ratio of Transpiration to Evapotranspiration of Pear Tree (*Pyrus communis*) Under Alternative Partial Root-Zone Drying Conditions. *Hydrol Process* 17(6): 1165-1176.
- Kang S, Hu X, Goodwin I, Jerie P (2003) Soil Water Distribution, Water Use, and Yield Response to Partial Root Zone Drying Under Shallow Ground Water Table Condition in A Pear Orchard. *Scientia Horticulturae* 92(3): 277-291.
- Kıraç AM (2007) Kısıntılı ve Kısmi Kök Kuruluğu Sulama Tekniğinin Bodur Elmanın Bazı Gelişim Parametrelerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş, s. 69.
- Kıraç AM (2016) Kısıntılı ve Kısmi Kök Kuruluğu Sulama Tekniklerine MM 106 Anaçlı "Red Chief" Elma Çeşidinin Tepkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni., Fen Bilimleri Ens., Kahramanmaraş, s. 141.
- Nielsen DC, Gardner BR (1987) Scheduling Irrigations for Corn with the Crop Water Stress Index (CWSI). *Applied Agricultural Research* 2(5): 295-300.
- O'Toole JC, Hatfield JL (1983) Effect of Wind on the Crop Water Stress Index Derived by Infrared Thermometry. *Agron. J* 75: 811-817.
- Ödemiş R, Baştuğ R (1999) Infrared Termometre Tekniği Kullanılarak Pamukta Bitki Su Stresinin Değerlendirilmesi ve Sulamaların Programlanması. *Turk J Agric For* 23: 31-37.
- Paltineanu C, Chitu E, Tanasescu N (2008) Using the Crop Water Stress Index in Irrigation Scheduling in Apple Orchards on Southern Romania. *Scientific Papers of the Research Institute for Fruit Growing Pitesti, Invel Multimedia*, 24: 126-137.
- Reginato RJ, Howe J (1985) Irrigation Scheduling Using Crop Indicators. *Journal of and Drainage Engineering ASCE* 111(2): 125-133.
- Uçak AB, Gençoğlan C (2013) The effect of direct and traditional seeding methods and different water levels on the water-yield relationship of drip irrigated corn. *J Food Agric Environ* 11(3&4): 828-833.
- Uçak AB, Gençoğlan C, Çil A, İnal B (2017a) Identification of Drought Resistant Sun flower genotypes (*Helianthusannuus L.*). *Fresenius Environmental Bulletin* 26(11): 6780-6790.
- Uçak AB, Çil A, Tüystüz DM, Şahin H, Ekin Ş (2017b) Su Stresine Toleranslı Yer Fıstığı (*Arachis hypogaea*) Hatlarının Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg* 20: 246-251.
- Zipoli G (1990) Remote Sensing for Scheduling Irrigation: Review of Thermal Infrared Approach. *Acta Horticulture* 1: 281-288.