

## Bitkiye Dayalı Ölçümler Kullanılarak Gün İçerisinde En Uygun Sulama Zamanının Belirlenmesi

Engin GÖNEN<sup>1</sup> Yeşim BOZKURT ÇOLAK<sup>1</sup> Attila YAZAR<sup>2</sup>  
Çağatay TANRIVERDİ<sup>3</sup> Sertan SESVEREN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alata Bahçe Külürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümü

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

<sup>3</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü  
Sorumlu yazar: engingonen@hotmail.com

Geliş tarihi: 06/08/2018 Yayına kabul tarihi: 25/11/2018

**Özet:** Son yıllarda sulama zamanının belirlenmesi amacıyla geliştirilen yöntemlerden bitkiye dayalı göstergeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada bu göstergelerden yaprak su potansiyeli (YSP) ve bitki su stres indeksi (CWSI) ölçümlerinin patlıcan bitkisinde farklı sulama yöntemleri (toprakaltı (TD) ve yüzey damla (YD)) ve stratejilerinde (TS: tam sulama KS75: tam sulama konusuna uygulana suyun %75'nin verildiği, KS50: TS konusuna uygulanan suyun yarısının verildiği) gün içerisindeki değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. YSP ölçümleri basınç odacığı, CWSI ölçümleri için infrared termometre ile bitki tacı sıcaklığı (Tc) ve hava sıcaklığı (Ta) ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerle aynı zamanda psikrometre termometre ile ıslak ve kuru hava sıcaklıkları ölçümleri de yapılmıştır. Her iki yöntemde gün içerisinde 08.00 ile 17.00 saatleri arasında ölçümler yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre her iki sulama yönteminde gün ortasında CWSI değerlerinin günün erken saatlerinde düşük gün ortasına doğru yükseldiği ve akşam saatlerine doğru ise yeniden düşme eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak YSP değerleri CWSI değerlerinin aksine günün erken saatlerinde yüksek, gün ortasına doğru düştüğü ve akşam saatlerine doğru ise yeniden yükselme eğiliminde olduğu görülmüştür. Toprakaltı ile yüzey damla sulama karşılaştırıldığında toprakaltı damla sulama yönteminde CWSI değerlerinin daha düşük YSP değerlerinin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin gün ortasında en fazla streste olduğu CWSI ve YSP ölçümleri ile görülmüştür. Bu nedenle sulamalar planlanırken bitkinin en az streste olduğu günün erken ya da geç saatlerinde yapılması önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Bitki su stres indeksi, Yaprak su potansiyeli, Toprakaltı damla sulama, Yüzey damla sulama, Patlıcan

### Determination of Optimum Irrigation Time during the Day by Using Plant Based Measurements

**Abstract:** Indicators based on plants used extensively in recent years for the purpose of determining irrigation time. In this study leaf water potential (LWP) and crop water stress index (CWSI) were used to determine irrigation time based on plant. Surface drip (DI) and subsurface drip systems (SDI); two irrigation frequencies (IF<sub>3</sub>: 3-day; IF<sub>6</sub>: 6-day) and four irrigation regimes (Full irrigation, FI; deficit irrigations, KS50; KS75; and Partial Root-zone Drying PRD50, which received, respectively 50, 75 and 50% of FI) were tested in a split-split plot design. LWP was measured using the pressure chamber and CWSI values were computed using canopy temperature (Tc) and air temperature (Ta) measured with an infrared thermometer. At the same time wet and dry air temperatures were measured with a psychrometer thermometer. Both measurement were taken between 08.00 and 17.00 hours during the day. The CWSI values which were lower in the early hours of the day were found to rise towards the middle of the of the day and tended to fall again towards the evening hours in both irrigation methods. However, contrary to CWSI values, LWP values were found to be higher in the early hours of the day, falling in mid-day and tending to rise again in the evening. Compared with surface drip irrigation, CWSI and LWP values lower than that of the subsurface drip irrigation method. Plants in

the middle of the day with a maximum stress was observed with the CWS and YSP measurements. It is recommended to make the plant early or late on the day when the plant has the least stress.

**Keywords:** Crop water stress index, Leaf water potential, surface drip irrigation, subsurface drip irrigation

## Giriş

Sulama programlaması toprağı, meteorolojik verileri ve bitkiyi esas alan yöntemlere göre oluşturulmaktadır. Geleneksel sulama programlaması daha çok bitki kök bölgesindeki toprak suyu miktarının izlenmesi esas alınarak yapılmaktadır. Toprak-bitki-su-atmosfer sisteminin orta noktasında yer alan bitkinin gerek iklim ve gerekse toprak suyu değişimlerine olan tepkileri bitkinin içsel su durumu ile daha iyi bir şekilde tanımlanabilmektedir. Dolayısıyla bitkinin içsel su durumunu esas alan sulama zamanı belirleme teknikleri geleneksel yöntemlere kıyasla daha sağlıklı ve güvenilir olmaktadır (Yazar ve ark., 2015).

Toprağı ve meteorolojik verileri esas alan sulama programları her ne kadar güncelliğini koruyor olsa da, son yıllarda bitkilerdeki su azlığına bağlı olarak ortaya çıkan belirtilere dayanan sulama programlaması yöntemleri giderek önem kazanmaktadır (Tekelioğlu ve ark., 2017).

Bitkinin içsel durumunu tanımlayan ve kolaylıkla ölçülebilen yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi, son yıllarda teknolojiye gelişmelere birlikte, yüksek gelir sağlayan ürünlerin sulama programlamasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Pouyafard ve ark., 2016; Momen ve ark., 2017).

Yaprak su potansiyeli (YSP) bitki su kapsamına ilişkin etkili bir göstergedir. Son yıllarda geliştirilen bazı cihazlar YSP'nin arazide ölçülmesini kolaylaştırmıştır. Bu yönü ile gerek araştırma gerekse uygulamada YSP birçok bitkide sulama zamanının belirlenmesinde kullanım potansiyeline sahiptir (Köksal ve ark., 2010; Özmen, 2016; Ahmadi ve ark., 2017; Bahar ve ark., 2017; Çolak ve ark., 2017; Yazdıç ve Değirmenci, 2018).

Sulama programı oluşturulmasında bitki su stres indeksi CWSI son yıllarda başarıyla kullanılmıştır. Çok sayıda araştırmacı, farklı

bitkilerde CWSI'nin sulama programlaması için kullanışlı bir indeks olduğunu göstermiştir (Erdem ve ark., 2006a,b; Erdem ve ark., 2010; Köksal ve ark., 2010; Yazar ve ark., 2010; Çamoğlu ve Genç, 2013; Bozkurt Çolak ve ark., 2015; Poblete-Echeverría ve ark., 2015; Tekelioğlu ve ark., 2017; Tejero ve ark., 2018).

Bu çalışmada Çukurova Bölgesinde, açık alanda yetiştirilen patlıcan bitkisinde yüzey ve toprakaltı damla sulama sistemleriyle uygulanan farklı sulama aralığı ve sulama stratejilerinin yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi değerlerinin gün içerisindeki değişiminin belirlenerek en uygun sulama zamanının saptanması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

Bu çalışma 2014 yılında Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne bağlı Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonu Merkez İşletmesi arazilerinde yürütülmüştür. Deneme alanı Akdeniz iklim kuşağında kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. Çok yıllık verilere göre bölgede uzun yıllık sıcaklık ortalaması 17.8°C'dir. En yüksek sıcaklık ortalaması temmuz ayında 26.6°C, en düşük sıcaklık ortalaması ocak ayında 8.9°C'dir. Uzun yıllar ölçümlerine göre oransal nem ortalaması %70.6, yıllık buharlaşma ise 1487 mm'dir. Çalışmanın saatlik ölçüm yapıldığı tarihte maksimum sıcaklık 33.6°C, minimum sıcaklık 23.2°C, ortalama sıcaklık 27.4°C, oransal nem %70.1, buharlaşma 6.6 mm olarak ölçülmüştür.

Araştırmada, bitki materyali olarak bölgenin ekolojik koşullarına çok iyi adaptasyon sağlamış ve pazarlanması nispeten kolay olan Anamur Karası (Anamur RZ F1) patlıcan (*Solanum Melongena* L.) çeşidi kullanılmıştır. Deneme dört tekerrürlü olarak tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüştür. Fideler 14 Nisan 2014 tarihinde boyu 10 m, eni 5.4 m olan deneme parsellerine sıra arası

90 cm, sıra üzeri 70 cm aralıklarla ve her bir parsel 6 bitki sırası içerecek şekilde dikilmiştir.

Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri sonuçları aşağıda verilmiştir (Çizelge 1). Alınan profil boyunca 0-20 cm toprak katmanında toprak tekstürü kil, diğer katmanlarda ise siltli kil olarak tespit edilmiştir. Ayrıca profilde 60 cm derinlikte

kullanılabilir su miktarı, tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri sırasıyla 88 mm, 245 mm ve 157 mm  $60 \text{ cm}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Patlıcan bitkisinin etkili kök derinliği 30-60 cm arasında olduğu için sulama programlamasında konulara verilecek suyun hesaplanmasında eksik nemin tarla kapasitesine tamamlanırken kullanılacak derinlik 60 cm olarak alınmıştır.

Çizelge 1. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of the field

Derinlik (cm) <i>Soil Depth</i>	Kum (%) <i>Sand</i>	Kil (%) <i>Clay</i>	Silt (%) <i>Silt</i>	Bünye <i>Texture class</i>	TK* ( $\text{g g}^{-1}$ ) <i>FC*</i>	SN* ( $\text{g g}^{-1}$ ) <i>WP*</i>	HA* ( $\text{g cm}^{-3}$ ) <i>BD*</i>	EC $\text{dS m}^{-1}$	pH
0-20	20.2	41.9	37.9	C	0.299	0.191	1.30	0.914	7.91
20-40	15.9	42.0	42.1	SiC	0.297	0.189	1.40	0.976	7.97
40-60	11.7	44.1	44.3	SiC	0.296	0.190	1.42	1.028	8.08
60-90	11.1	42.2	46.7	SiC	0.294	0.197	1.45	0.995	8.11

\*TK: tarla kapasitesi; \*SN: Solma Noktası; \*HA: Hacim Ağırlığı

\*FC: field capacity; \*WP: permanent wilting point; \*BD: bulk density

Çalışmada iki farklı damla sulama sistemi (yüzey damla, YD ve toprakaltı damla, TD), iki farklı sulama aralığı ve 4 farklı sulama düzeyi ele alınmıştır. Sulama Aralığı (SA); SA<sub>3</sub>: 3 günde bir 60 cm'deki eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır. SA<sub>6</sub>: 6 günde bir 60 cm'deki eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Sulama düzeyleri; Tam sulama konusu (TS), her iki sulama aralığında (SA<sub>3</sub> ve SA<sub>6</sub>) 60 cm'lik toprak profilindeki eksik neminin tarla kapasitesine getirildiği konu; Kısıntılı sulama-I (KS50), TS konusuna uygulanan suyun yarısının verildiği konu; Kısıntılı sulama-II (KS75), TS konusuna uygulanan suyun %75'inin verildiği konu; Yarı ıslatmalı (PRD50), her bir sulamada TS konusuna verilen suyun yarısının dönüşümlü olarak bir lateralden uygulandığı konu; Bir sulamada bir lateralden, izleyen sulamada diğer lateralden su uygulanmıştır.

Yaprak su potansiyeli portatif basınç odacığı (pressure chamber, PMS Instrument Company Model 615) aygıtı ile sabah saat 8:00'den akşam saat 17:00'a dek birer saat aralıklarla bir kez iki yinelemede yapılmıştır. Bu amaçla yüzey ve toprakaltı sulama yöntemlerinde sulama aralığı 6 gün olan her parselde bir bitkiden iki yaprakta

(tam gelişmiş, güneşe bakan) ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması gün ortası yaprak su potansiyeli değeri olarak alınmıştır. Yaprak su potansiyeli ölçümünde yaprak ayası, basınç odacığına sap dışarıda kalacak şekilde yerleştirilmiş ve aygıtın basınç kaynağından yaprak ayası üzerine basınç uygulanmış ve sapın dışarıda kalan ucunda su damlası belirinceye dek basınç artırılmış ve yaprak sapı ucunda su kabarcığı belirdiği andaki değer yaprak su potansiyeli değeri olarak alınmıştır.

Bitki taç sıcaklığı gözlemlerine bitki örtü yüzdesi %70'e ulaştığında tüm konularda su stresinin gün içerisinde değişimini belirlemek için sabah saat 8:00'den akşam saat 16:00'a dek birer saat aralıklarla bir kez yapılmıştır. Taç sıcaklığı gözlemleri sulamalardan önce ve sonra, ölçümleri kısıtlamayan günlerde yapılmıştır. Ölçümler parsellerin köşegenleri doğrultusunda, 4 köşeden ve her birinde 3 yinelemeli ve toplam 12 değerlerin ortalaması alınarak o parsel için ortalama taç sıcaklığı bulunmuştur. Bitki taç sıcaklığı ölçümlerinin başında ve sonunda psikrometrik termometre ile ıslak ve kuru termometre değerleri okunmuştur. Su stresinin olmadığı tam sulama konularında sulamadan bir veya

iki gün sonra yapılan ölçümler alt sınır (LL) eşitliğinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Tam stresi temsil eden üst sınır eşitliği (UL) ise deneme parselleri yanında oluşturulan ve hiç su uygulanmayan bir parselde yapılan ölçümlerden belirlenmiştir.

Bitki su stresi indeksi (CWSI) ölçülen taç sıcaklığı, ıslak ve kuru termometre değerlerinden hesaplanan havanın buhar basıncı açığından yararlanarak Idso ve ark. (1981)'nin önerdiği ampirik yöntemle belirlenmiştir. Idso ve ark. (1981)'na göre CWSI aşağıda verilen eşitlik ile tanımlanmıştır;

$$CWSI = \frac{(Tc - Ta) - (Tc - Ta)_{UL}}{(Tc - Ta)_{UL} - (Tc - Ta)_{LL}}$$

Eşitlikte:

Tc: Taç sıcaklığı, (°C);

Ta: Hava sıcaklığı, (°C);

LL: Bitkide su stresinin olmadığı alt sınır (bitkilerin potansiyel hızda transpirasyon yaptığı sınır değeri);

UL: Bitkilerin tamamen stres altında olduğu üst sınır (bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan sınır değeri).

### Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çalışmada deneme konularına ilişkin mevsimlik su kullanımı (ET), verim ve sulama suyu değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Sulama konularına ilişkin bitki su tüketimi, verim ve sulama suyu miktarları  
Table 2. Evapotranspiration, yield and irrigation water quantities related to irrigation treatments

Sulama Aralığı <i>Irrigation Intervals</i>	Sulama Düzeyleri <i>Irrigation Levels</i>	ET (mm) <i>Evapotranspiration</i>	Verim (kg da <sup>-1</sup> ) <i>Yield</i>	Sulama Suyu (mm) <i>Irrigation Water</i>	Yağış Miktarı (mm) <i>Precipitation</i>
YDSA <sub>3</sub>	TS	527	9215	444	121.3
	KS75	441	8760	349	121.3
	KS50	367	8302	253	121.3
	PRD50	375	6829	253	121.3
YDSA <sub>6</sub>	TS	508	8772	396	121.3
	KS75	433	8457	312	121.3
	KS50	363	7718	229	121.3
	PRD50	369	6432	229	121.3
TDSA <sub>3</sub>	TS	494	9273	418	121.3
	KS75	419	8857	329	121.3
	KS50	350	8575	240	121.3
	PRD50	353	6890	240	121.3
TDSA <sub>6</sub>	TS	473	8622	369	121.3
	KS75	411	8343	292	121.3
	KS50	349	7554	216	121.3
	PRD50	354	5882	216	121.3

Yüzey ve toprakaltı damla sulama parsellerine uygulanan sulama suyu miktarları Yüzey damla 3 gün (YDSA<sub>3</sub>) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları 253-444 mm, yüzey damla 6 gün (YDSA<sub>6</sub>) konusuna ise 229-396 mm, toprakaltı damla sulama 3 gün (TDSA<sub>3</sub>) konusuna 240-418 mm, toprakaltı damla

sulama 6 gün (TDSA<sub>6</sub>) konusuna 216-369 mm arasında değişmiştir.

Sulama konularına ilişkin ET değerleri benzer seyretmiştir. Yüzey damla sulama konularında bitki su tüketimi değerleri toprakaltı damla sulamaya göre biraz daha yüksek olmuştur. Deneme yılında ET, YDSA<sub>3</sub> konusuna 375-527 mm, YDSA<sub>6</sub> konusuna 369-508 mm, TDSA<sub>3</sub> konusuna

353-494 mm, TDSA<sub>6</sub> konusunda 354-473 mm arasında değişmiştir. Artan sulama suyu ile mevsimlik ET değerlerinde artış gözlenirken KS-50 ve PRD-50 konuları aynı sulama suyu miktarını almasına rağmen, KS-50 konusunda PRD-50 konusuna kıyasla az da olsa daha düşük ET değerleri belirlenmiştir. Toprakaltı damla sisteminde aynı sulama düzeylerinde belirlenen ET değerleri yüzey damla sistemine kıyasla daha düşük kalmıştır.

Yüzey ve toprakaltı damla sulama yöntemlerinden elde edilen ortalama olarak toplam patlıcan verimleri 5882-9273 kg da<sup>-1</sup>

arasında değişmiştir. YDSA<sub>3</sub> konusunda ortalama toplam patlıcan verimleri 6829-9215 kg da<sup>-1</sup>, YDSA<sub>6</sub> konusunda 6432-8772 kg da<sup>-1</sup>, TDSA<sub>3</sub> konusunda 6890-9273 kg da<sup>-1</sup>, TDSA<sub>6</sub> konusunda 5882-8622 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda sulama aralığı, sulama düzeyleri ve sulama yöntemi\*sulama aralığı interaksiyonu verim üzerine etkileri ayrı ayrı istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken sulama yöntemi\*sulama aralığı\*sulama düzeyleri interaksiyonu önemsiz çıkmıştır. Ortalama verimlerin LSD gruplandırması Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Verim değerlerine ilişkin LSD gruplandırması

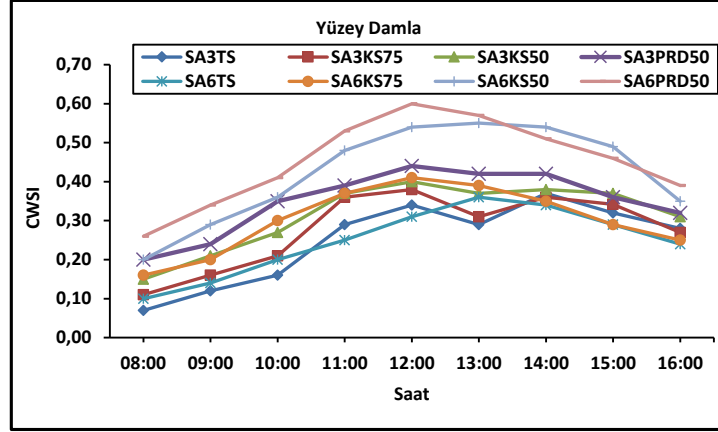
Table 3. LSD classification of yield values

Sulama Yöntemi <i>Irrigation Method</i>	Sulama Aralığı <i>Irrigation Intervals</i>	Sulama Düzeyi <i>Irrigation Level</i>
Yüzey Damla <i>Surface Drip</i>	80610 a 3- gün 3-day	83380 a FI 89710 a
Toprakaltı Damla <i>Subsurface Drip</i>	80000 a 6- gün 6-day	77230 b DI <sub>75</sub> 86040 b
ns	LSD(0.05)=1749 P=0.0001**	DI <sub>50</sub> 80370 c PRD <sub>50</sub> 65080 d LSD(0.05)=2843 P=0.0001**

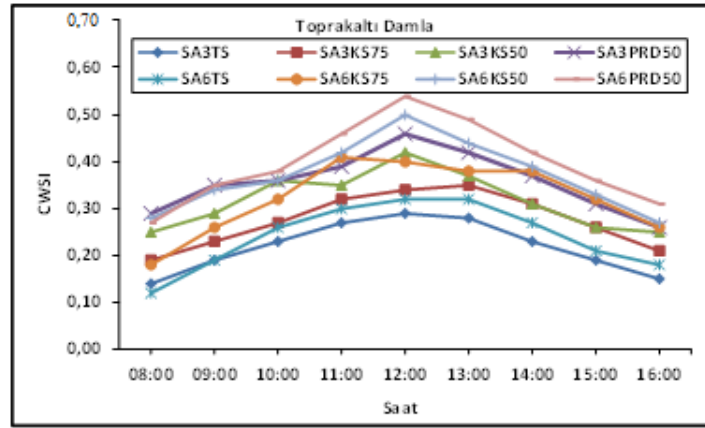
Araştırmada yüzey ve toprakaltı damla sulama konularında bitki su stres indeksinin konulara göre gün boyunca zamansal değişimi Şekil 1-2’de verilmiştir. Şekillerde CWSI değerlerinin günün erken saatlerinde düşük, gün ortasına doğru yükseldiği ve akşam saatlerine doğru ise yeniden düşme eğiliminde olduğu açık bir biçimde görülmüştür. Gün ortasında hava sıcaklığının yüksek ve buhar basıncı açığının en yüksek değerde olması nedeniyle CWSI en yüksek değerine anılan zaman diliminde ulaşmıştır. Her iki sulama yönteminde TS konusunda düşük CWSI değerleri elde edilirken, PRD-50 konusunda yüksek değerler belirlenmiştir. Genel olarak toprakaltı damla sulamanın gün boyunca

değişimi yüzey damla sulamaya göre daha düşük olmuştur. Toprak profilinde yeterli su bulunmayan KS-50 ve PRD-50 konularında bitkiler atmosferin buharlaşma istemini karşılayacak derecede su alamadıklarından CWSI değerlerin TS konularına göre daha yüksek olarak ölçülmüştür. Ayrıca gün boyunca hava sıcaklığındaki değişimler ve bulutluluk durumu CWSI önemli ölçüde etkilemektedir.

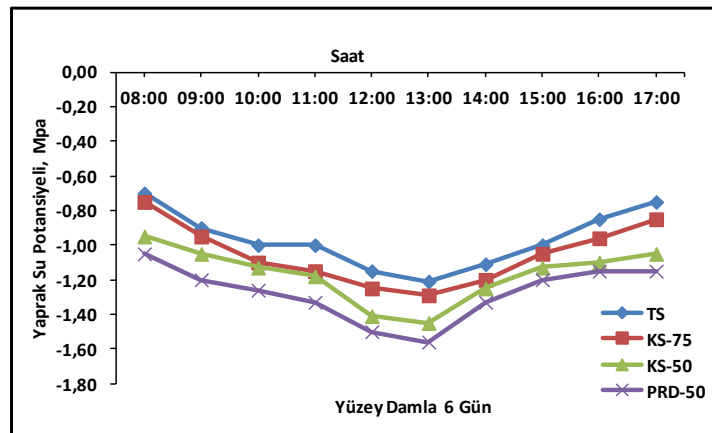
Araştırmada YSP’nin gün içindeki değişim tavırlarını belirlemek için 4. hasat döneminde (17.07.2014) saatlik ölçümler yapılmıştır. Yüzey ve toprakaltı damla sulama 6 gün sulama aralığına ilişkin saatlik ölçüm grafikleri Şekil 3 ve 4’de verilmiştir.



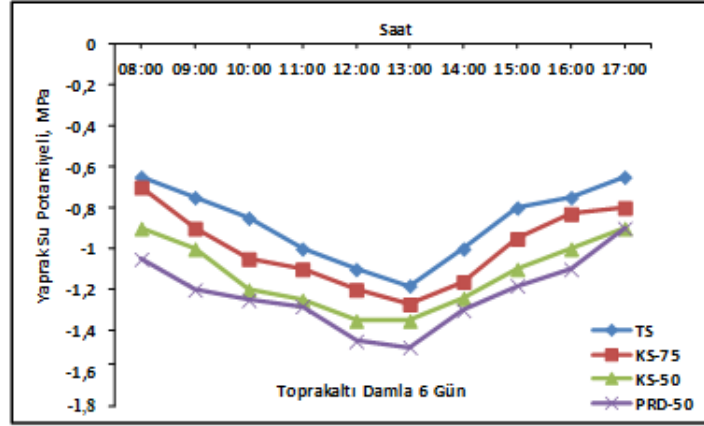
Şekil 1. Yüzey damla sulama konularında bitki su stresi indeksinin gün boyunca değişimi  
 Figure 1. Variation of plant water stress index during daytime under sub-surface drip irrigation conditions



Şekil 2. Toprakaltı damla sulama konularında bitki su stresi indeksinin gün boyunca değişimi  
 Figure 2. Variation of plant water stress index during daytime under sub-surface drip irrigation conditions



Şekil 3. Yüzey damla sulama 6 gün sulama aralığında yaprak su potansiyelinin gün boyunca değişimi  
 Figure 3. Surface drip irrigation Daily change of leaf water potential during 6 days irrigation interval



Şekil 4. Toprakaltı damla sulama 6 gün sulama aralığında yaprak su potansiyelinin gün boyunca değişimi

Figure 4. Sub-Surface drip irrigation Daily change of leaf water potential during 6 days irrigation interval

Şekil 3-4'ü incelediğimizde YSP değerlerinin günün erken saatlerinde yüksek, gün ortasına doğru düştüğü ve akşam saatlerine doğru ise yeniden yükselme eğiliminde olduğu açık bir biçimde görülmüştür. Gün ortasında hava sıcaklığının yüksek ve buhar basıncı açığının en yüksek değerde olması nedeniyle yaprak su potansiyeli en düşük değerine anılan zaman diliminde ulaşmıştır. Her iki sulama yönteminde TS konusunda yüksek yaprak su potansiyeli değerleri elde edilirken, PRD-50 konusunda düşük değerler belirlenmiştir. Genel olarak toprakaltı damla sulamanın gün boyunca değişimi yüzey damla sulamaya göre daha yüksek olmuştur. Toprak profilinde yeterli su bulunmayan PRD-50 konusunda bitkiler atmosferin buharlaşma istemini karşılayacak derecede su alamadıklarından yaprak su potansiyeli değerleri de TS konularına göre daha düşük (daha büyük negatif sayı) olarak ölçülmüştür. Ayrıca gün boyunca hava sıcaklığındaki değişimler ve bulutluluk durumu yaprak su potansiyelini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bozkurt Çolak ve ark. (2010) Akdeniz bölgesinde Flame Seedless ve Italia sofralık üzüm çeşitlerinde yaprak su potansiyeline göre sulama programlarının oluşturulması çalışmasında yaprak su potansiyelinin gün içerisindeki değişim tavrılarını belirlemek için farklı zamanlarda ölçümler almış, yaprak su potansiyeli değerlerinin günün erken saatlerinde yüksek, günün ortasında

düşüğünü ve akşam saatlerine doğru ise yükselme eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Sezen ve ark. (2012) Tarsus koşullarında kırmızı biberde yaptıkları çalışmada damla sulama konularında yaprak su potansiyeli değerlerinin 0.15 ile 1.35 MPa arasında, karık sulama konularında, 0.30 ile 1.38 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca gün içerisinde yaprak su potansiyeli değişim sonuçlarını incelediklerinde bizim çalışmamızla benzer sonuçlar elde edilmiştir. Köksal ve ark. (2010) Bursa koşullarında kiraz ağaçlarında yaptıkları çalışmada yaprak su potansiyeli, bitki su stress indeksi ve stoma direncinin gün içindeki değişimlerini tam sulama konusunda incelemişler bitki su stres indeksi günün erken saatlerinde düşük, gün ortasında yüksek, akşam saatlerinde yükseldiği, yaprak su potansiyeli değerleri ise günün erken saatlerinde yüksek, günün ortasında düştüğünü ve akşam saatlerine doğru ise yükselme eğiliminde olduğunu, YSP ile CWSI'yi kıyasladığında her iki yönteminde sulama programının oluşturulmasında kullanılabileceğini. Ancak sulama programı oluşturulmasında YSP yerine CWSI'nin kullanımını önermişlerdir.

Köksal ve ark. (2010) bodur yeşil fasulyenin sulama zamanının belirlenmesinde kullanılmak üzere sınır yaprak su potansiyeli (YSP) ve bitki su stress indeksi (CWSI) değerlerinin belirlenmesini amaçladıkları çalışmada YSP'nin -14.0 ile -

18.0 bar arasında yeşil fasulyede sulama zamanının geldiğini belirtmişlerdir.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Çukurova Bölgesinde, açıkta yüksek yoğunlukta üretimi yapılan ve toprakaltı ve yüzey damla sistemleriyle farklı düzeylerde sulanan patlıcan bitkisinde yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi değerlerinin gün içerisindeki değişiminin araştırıldığı çalışmada en uygun sulama programını belirlemek için elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler aşağıda açıklanmıştır.

Çalışma sonucuna göre her iki sulama yönteminde gün ortasında CWSI değerlerinin günün erken saatlerinde düşük gün ortasına doğru yükseldiği ve akşam saatlerine doğru ise yeniden düşme eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak YSP değerleri CWSI değerlerinin aksine günün erken saatlerinde yüksek, gün ortasına doğru düştüğü ve akşam saatlerine doğru ise yeniden yükselme eğiliminde olduğu görülmüştür. Toprakaltı ile yüzey damla sulama karşılaştırıldığında toprakaltı damla sulama yönteminde CWSI değerlerinin daha düşük YSP değerlerinin ise daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Toprak profilinde yeterli su bulunmayan KS-50 ve PRD-50 konularında bitkiler atmosferin buharlaşma istemini karşılayacak derecede su alamadıklarından CWSI değerlerinde TS konularına göre daha yüksek iken yaprak su potansiyeli değerlerinde PRD-50 konusunda TS konularına göre daha düşük (daha büyük negatif sayı) olarak ölçülmüştür. Ayrıca her iki yöntem içinde gün boyunca hava sıcaklığındaki değişimler ve bulutluluk durumu bitki su stres indeksini ve yaprak su potansiyelini önemli ölçüde etkilemektedir.

YSP ile CWSI'yi kıyasladığımızda her iki yönteminde sulama programının oluşturulmasında kullanılabilmesi belirlenmiştir. Ancak sulama programı oluşturulmasında YSP'nin arazide kullanımı daha zor ve zaman aldığından yaprak su potansiyeli yerine CWSI'nin kullanımını önerilebilir. Bitkilerin gün ortasında en fazla streste olduğu CWSI ve YSP ölçümleri ile görülmüştür. Bu nedenle sulamalar

planlanırken bitkinin en az streste olduğu günün erken ya da geç saatlerinde yapılması önerilmektedir.

### Teşekkür

Yazarlar adına TOVAG-1120870 nolu proje için sağladığı finansal destek için Türk Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

### Kaynaklar

- Ahmadi, S. H., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2017). Comparing canopy temperature and leaf water potential as irrigation scheduling criteria of potato in water-saving irrigation strategies. *International Journal of Plant Production*, 11.
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Kabataş, İ. E. (2017). Sangiovese Üzüm Çeşidinde Dönemsel Yaprak Su Potansiyeli (Ψyaprak) Değişimleri Ve Salkım Seyreltme Uygulamalarına Bağlı Olarak Düzenlenen Sulama Oranlarının Salkım Ve Tane Özellikleri Üzerine Etkileri. *Jotaf/Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2).
- Çamoğlu G and Genç L (2013). Taze Fasulyede Su Stresinin Belirlenmesinde Termal Görüntülerin ve Spektral Verilerin Kullanımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 1(1):15-27.
- Çolak, Y. B., Yazar, A., Çolak, İ., Akça, H., & Duraktekin, G. (2015). Evaluation of crop water stress index (CWSI) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. *Agriculture and agricultural science procedia*, 4, 372-382.
- Çolak, Y. B., Yazar, A., Sesveren, S., & Colak, I. (2017). Evaluation of yield and leaf water potential (LWP) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. *Scientia horticulturae*, 219, 10-21.



- Erdem Y, Arin L, Erdem T, Polat S, Deveci M, Okursoy H and Gültas H (2010). Crop Water Stress Index for Assessing Irrigation Scheduling of Drip Irrigated Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). *Agric. Water Manage.* 98 (1), 148–156.
- Erdem Y, Sehirali S, Erdem T and Kenar D (2006a). Determination of Crop Water Stress Index for Irrigation Scheduling of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turk. J. Agric. Forest* 30, 195–202.
- Erdem Y, Erdem T, Orta A H and Okursoy H (2006b). Canopy–air Temperature Differential for Potato under Different Irrigation Regimes. *Acta Agric. Scand.* 56 (3), 206–216.
- García-Tejero, I. F., Gutiérrez-Gordillo, S., Ortega-Arévalo, C., Iglesias-Contreras, M., Moreno, J. M., Souza-Ferreira, L., & Durán-Zuazo, V. H. (2018). Thermal imaging to monitor the crop-water status in almonds by using the non-water stress baselines. *Scientia Horticulturae*, 238, 91-.
- Köksal, E. S., Üstün, H., & İlbeyi, A. (2015). Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 25-36.
- Momen, M., Wood, J. D., Novick, K. A., Pangle, R., Pockman, W. T., McDowell, N. G., & Konings, A. G. (2017). Interacting effects of leaf water potential and biomass on vegetation optical depth. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 122(11), 3031-3046.
- Poblete-Echeverría, C., Espinace, D., Sepúlveda-Reyes, D., Zúñiga, M., & Sanchez, M. (2015, June). Analysis of crop water stress index (CWSI) for estimating stem water potential in grapevines: comparison between natural reference and baseline approaches. In: VIII. International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 1150 (pp. 189-194).
- Pouyafard, N., Akkuzu, E., & Ünal, K. A. Y. A. (2016). Kıyı Ege Koşullarında Yetiştirilen Ayvalık Zeytin Fidanlarında Su Stresine Bağlı Bazı Fizyolojik Ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi. *Jotaf/Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1).
- Sezen, S.M., Yazar, A., Daşgan Y., Akyıldız, A., Yücel, S., Şengül, H., Bozkurt Çolak Y., Eker, S., 2012. Akdeniz İklim Koşullarında Karık ve Damla Yöntemleriyle Uygulanan Kısmi Kök Kuruluşu (PRD) ve Geleneksel Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Salçalık Biberin Verim ve Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK 109O693 Nolu Proje Sonuç Raporu, 132s.
- Tekelioğlu, B., Büyüktaş, D., Karaca, C., Baştuğ, R., Dinç, N. ve Aydınşakir, K., 2017. Infrared termometre tekniğinin nar (*Punica granatum* L.) ağaçlarında sulama programlaması amacıyla kullanım olanakları. *Derim* 2017, 34(1). 61-71.
- Yazar A, Tangolar S, Sezen SM, Colak YB, Gencil B, Ekbic H Band Sabır A (2010). New Approaches in Vineyard Irrigation Management: Determining Optimal Irrigation Time Using Leaf Water Potential for High Quality Yield under Mediterranean Conditions. *Turk. Science and Research Council (TUBITAK) (Project No: TOVAG-1060747)*, 100 pp.
- Yazdıç, M , Değirmenci, H . (2018). Pamukta Farklı Sulama Seviyelerinin Yaprak Su Potansiyeli Ve Klorofil Değerine Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (4), 511-519. DOI: 10.18016/ksudobil.369337