

FARKLI SULAMA SEVİYELERİ İLE BİYOAKTİVATÖR UYGULAMALARININ ÇİLEK BİTKİSİNİN EKO-FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Eser ÇELİKTÖPÜZ¹ Burçak KAPUR² Mehmet Ali SARIDAŞ³
Sevgi PAYDAŞ KARGI⁴ Bülent ÖZEKİCİ⁵

ÖZET

Bu çalışmada, farklı su seviyeleri ile biyoaktivatör uygulamalarının Kabarla çeşidinde eko-fizyolojik özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Sulamalar; tam sulama IR100 konusu, uygulanacak suyun yarısının verileceği konu IR50, %75'inin verileceği konu IR75 ve %125'inin verileceği konu IR125 olarak adlandırılmıştır. Biyoaktivatör uygulamaları ise tam ve kontrol (biyoaktivatörsüz) olarak uygulanmıştır. Tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak yürütülen araştırma sonucunda su stresinin (kısımlı sulama) çilek bitkisinde eko-fizyolojik özellikleri olumsuz etkilediği gözlenmiştir. En yüksek stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli değerleri IR125 uygulamasından elde edilirken, en düşük değerler ise IR50 uygulamalarından elde edilmiş olup, uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Biyoaktivatör kullanımının çilek bitkisi eko-fizyolojik özelliklerini olumlu etkiledikleri görülürken istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur. Biyoaktivatör kullanılmayan konularda eko-fizyolojik özellikler genelde düşüş gösterse de su stresi ile birlikte çoklu stres olarak (su × biyoaktivatör) bitki eko-fizyolojik özellikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çalışma sonuçları ışığında güçlü bir eko-fizyolojik özellik için her ne kadar istatistiksel olarak fark belirlenememişse de, su ve biyoaktivatör etkileşiminden elde edilecek kombinasyonun kullanılması bitki su kullanım etkinliğini arttırmasından dolayı önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık stresi, yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği, biyoaktivatör, yüksek tünel

ABSTRACT

EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION LEVELS WITH BIOACTIVATOR APPLICATIONS ON ECO-PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN STRAWBERRY

In this study, the effects of different irrigation levels with bioactivator applications on the eco-physiological characteristics in a variety of Kabarla were investigated. Strawberry plant was subjected to four irrigation water levels (IR125, 1.25 Ep; IR100, 1.0

¹ Araş Gör., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ADANA

² Yrd. Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ADANA

³ Araş. Gör., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ADANA

⁴ Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ADANA

⁵ Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ADANA

Ep; IR75, 0.75 Ep; IR50, 0.50 Ep). Bioaktivator applications were conducted as full and without bioactivator. As a result of the study, planned as randomized complete block split split plot design with four replications, it was observed water stress affected eco-physiological characteristics adversely. The highest stomatal conductance and leaf water potential were obtained from the IR125, whereas the lowest values were obtained from the IR50 (deficient irrigation) and also the differences between applications found to be statistically significant. Furthermore, the use of bioactivator on the strawberry plant, eco-physiological parameters were observed to affected positively as statistically significantly. Subjects which unused bioactivator were generally observed to decrease the eco-physiological characteristics, besides, they were also not found to be statistically significant on eco-physiological characteristics as multiple stress (applications $\times$ irrigation interaction). In the light of the study, it can be advised that the combination obtained from bioactivator $\times$ irrigation interaction for improved water use efficiency, although this was not validated statistically.

Keywords: Drought stress, leaf water potential, stomatal conductance, bioactivator, high tunnel

GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların hızla kirlenmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi nedenlerle su ve toprak kaynakları üzerindeki baskı giderek artmaktadır. Artan nüfusun gıda güvenliğinin sağlanması amacıyla tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde artırılması ve mevcut sınırlı su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Ülkemizde su kaynaklarının %74'lük kısmı tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye; küresel ısınmaya bağlı iklimsel değişimlerden en fazla etkilenebilecek ülkeler arasında olup, halen su sıkıntısı çeken yarı nemli Ege ve Akdeniz bölgelerinin, diğer bölgelere kıyasla daha fazla etkilenmesi beklenmektedir. Akdeniz ve Ege Bölgeleri açıkta ve serada sebze üretimi bakımından ülkemizin en önemli tarımsal üretim alanlarıdır. Bu bölgelerde sıcaklığın artması, hem sera hem de açık alanlarda su tüketiminin ve dolayısıyla bitki su gereksiniminin de artmasına neden olacaktır. Ancak giderek azalan ve şiddeti arttığı için su kaynaklarını besleme özelliğini yitiren yağışlar, sıcaklar nedeniyle artan açık su yüzeyi buharlaşması gibi nedenlerle su kaynakları bakımından da zaten sorunlu olan bu bölgelerimizde tarımsal üretimin ciddi sorunlarla maruz kalacağı öngörülmektedir [7, 24, 25, 26].

Çilek dünya genelinde en yaygın tüketilen meyveler arasındadır. Çilek bitkisi toprak suyundaki azalmalara karşı çok hassastır [16, 18]. Meyve olgunlaşma ve çiçeklenme dönemi

sırasında, su stresi meyve büyüklüğü ve verimini önemli miktarda düşürmektedir [3, 18]. Bu sebeple çilek üretiminde kabul edilebilir düzeylerde meyve kalitesi ve verimi elde etmek için sulama çok önemlidir. Ancak dünya su kaynaklarında meydana gelen azalmalar, sulama suyunda tasarruf sağlayıcı stratejilere ve su kullanım randımanını artırıcı yöntemlere odaklanmayı gerektirmektedir.

Damla sulama sistemleri üzerine malç kullanımı çilek üretiminde su kaybını engellemek, temiz meyve elde etmek, meyve boyutunu, kalitesini ve verimini arttırmak, erkenciliği teşvik etmek ile yabancı ot kontrolü ve daha az herbisit kullanımı için yaygın şekilde kullanılmaktadır [17]. Sulama programlaması damla sulama sisteminden en iyi şekilde yararlanmak için çok önemlidir. Aşırı su kullanımı verimde düşmelere neden olurken, kısıtlı sulamalar su stresine, bitki gelişim sorunlarına ve üretimde azalmalara neden olmaktadır [29]. En uygun sulama suyu miktarı, kök bölgesinde bitkinin ihtiyacı kadar suyun sağlanması ve aynı zamanda bitki besin elementlerinin yer altı sularına karışmamasını sağlayacak miktar olarak tanımlanabilir [29].

Biyoaktivatör kullanımı bitki ve kök gelişimini hızlandırmakta, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı doğal direnci güçlendirmektedir.

Önceki çalışmalar göstermiştir ki;

Sulama; çilekte bitki gelişimini, meyve verimi ve kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir [16, 18, 22, 30]. Kuraklık bitki gelişimini ve üretimini

etkileyen en yaygın çevresel etkilerden biridir. Tüm bitki organlarındaki mevcut su içeriğinde azalmalar ve çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olmaktadır. Örneğin; Yapraklardaki gaz değişimi azalmakta ve bitki gelişiminde olumsuzluklara yol açabilmektedir [5, 9, 15, 23]. Kuraklığa toleransın, bitki türlerine ve genotiplere göre değiştiği bilinmekle birlikte [4, 12], kısıntılı sulama koşullarında farklı çilek çeşitlerinin fizyolojik tepkileri konusunda hala bilgi eksikliği bulunmaktadır [15].

Çileklerle yapılan arazi denemelerinde kısıntılı sulama koşullarında verimde düşüşler meydana gelmiştir [11, 19, 20, 21, 30]. Grant ve ark [10] tam ve kısıntılı sulama koşullarında on farklı çilek çeşidinin farklı tepkiler verdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında stoma iletkenlikleri için çeşitler ve sulama uygulamaları arasında önemli bir etkileşim bulmuşlardır. Diğer çalışmalarında ise kuraklık koşullarında bütün çeşitlerin benzer davranarak stoma iletkenliklerini düşürdüklerini bildirmişlerdir [11].

Birçok çilek çeşidi biyotik streslere dayanımları açısından bilinmekle birlikte, abiyotik stresler açısından yeterince incelenmemiştir. Çeşitli nedenlerden ötürü tarıma ayrılan suyun azalması sonucu oluşan su kısıtlamalarına karşı bitkilerin verimliliğini korumada biyoaktivatör gibi yararlı stratejilere gerek duyulmaktadır. Biyoaktivatör uygulamalarının kullanılması ile bitki ve kök gelişimi teşvik edilerek daha fazla su ve bitki besin elementi alımı amaçlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında; farklı sulama düzeyleri ve biyoaktivatör uygulamalarının, Kabarla çilek çeşidinde eko-fizyolojik özellikler (yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği) üzerine etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Deneme alanı ve bitki materyali

Çalışma Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü arazisinde (36°59'N enlemi ve 35°18'E boylamında yer almakta olup deneme alanının denizden ortalama

yüksekliği 40 m'dir.) 10 Kasım 2015–06 Haziran 2016 tarihleri arasında yürütülmüştür.

Araştırmada bitki materyali olarak sera ve açıkta yetiştiricilik için uygun özelliklere sahip, yüksek verimli Kabarla çilek çeşidi kullanılmıştır. Kabarla'nın meyveleri konik şekilli, orta irilikte, meyve eti orta serttir. Akdeniz ve Ege Bölgeleri için önerilmektedir [23]. Dikimlerden önce toprak hazırlığı yapılmış (derin sürüm, düzeltme) ve hazırlanan seddeler (65–70 cm en, 35 cm yükseklik, 35–40 cm iki sedde arası mesafe) nemlendirildikten sonra üzerlerine malç olarak altı siyah üstü gri renkli 50 mikron kalınlığında polietilen örtüler serilmiştir. Bitkiler seddeler üzerine çift sıra olarak 30 cm aralıklarla üçgen şeklinde dikilmiştir. Bitkiler, 6.5 m eninde 2.75 m yüksekliğinde, 40 m uzunluğunda üzeri 36 aylık UV, IR, AB, EVA, LD katkılı İspanyol tipi yüksek tüneller altında yetiştirilmiştir. Denemede belirtilen boyutlarda toplam dört adet tünel kullanılmıştır.

Metot

Sulama uygulamaları

Çalışmada dört farklı sulama konusu ele alınmış olup, bunlar; tam sulama IR100 konusu, uygulanacak suyun yarısının verileceği konu IR50, %75'inin verileceği konu IR75 ve %125'inin verileceği konu IR125 olarak adlandırılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak kurulmuştur.

Denemede uygulanan sulama suyu miktarlarının hesaplanmasında A sınıfı buharlaşma havuzundan elde edilen buharlaşma değerleri kullanılmıştır. Bazal buharlaşma katsayısı Doorenbos ve Pruitt [8] tarafından önerilen ve geçerliliğini koruyan 0.7 kullanılmıştır. Su miktarları; aşağıdaki formülde verildiği şekilde Et'nin 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 katı olarak hesaplanmıştır.

$$t = \frac{(A \times E_o \times P \times K_{cp})}{q \times n}$$

t=Sulama sisteminin çalışma süresi (saat)

A=Sulama alanı (m²)

E_o=Klass A pan'dan ölçülen değer (mm)

P=Bitki örtü yüzdesi (%)

K_{cp}=Bazal buharlaşma bitki katsayısı (0.7)

q=Damlaticıların debisi (lt/saat)

n=Sulama alanındaki damlaticı sayısı (adet)

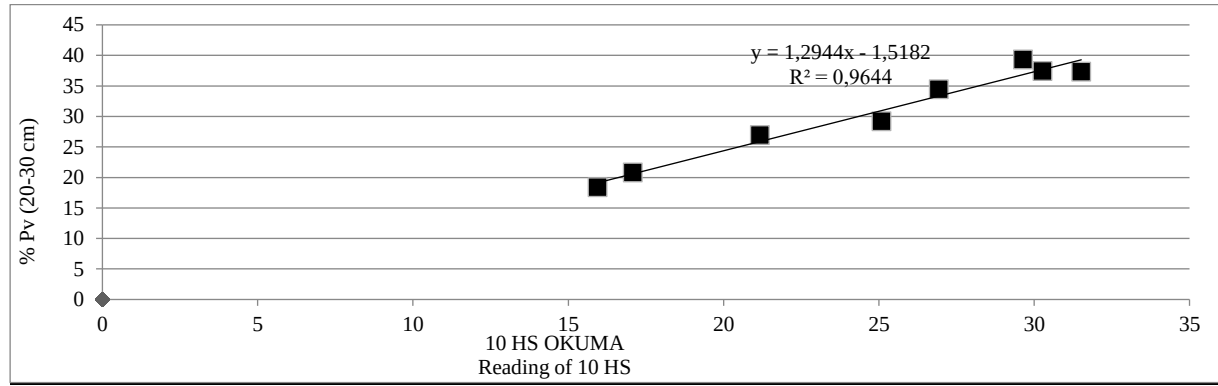
Deneme başlangıcında ve sonlandığında alınan toprak örneklerinde gravimetrik yöntemle toprak su içeriği belirlenmiştir. Farklı sulama düzeyi uygulamalarının başlaması ile birlikte gözlemler periyodik olarak sulamalardan önce frekans bazında analiz tekniği ile çalışan Decagon 10HS toprak nemölçer aleti sensörler yardımı ile izlenmiştir. Ayrıca aletin kalibrasyonu için; denemede 20–30 cm

derinliklerinden aynı gün hem gravimetrik olarak toprak örneği alarak hem de eş zamanlı olarak Decagon 10 HS toprak nemölçer sensörleri ile sekiz farklı noktadan toprak su içeriği değerleri belirlenmiştir. Anılan değerler gravimetrik yöntemle alınan hacimsel su içerikleri ile grafiklenerek kalibrasyon eğrisi ve denklemi oluşturulmuştur (Şekil 1).

Çizelge 1. Biyoaktivatör uygulama zamanları ve miktarları

Table 1. The amount of bioactivator and execution time

Uygulama sayısı (Number of treatment)	Uygulama zamanı (Execution time)	Uygulanan biyoaktivatör miktarı (Amount of bioactivator)
1	12.01.2016	20 gr/15 lt su
2	02.02.2016	20 gr/15 lt su
3	22.02.2016	20 gr/15 lt su
4	14.03.2016	20 gr/15 lt su



Şekil 1. 10 HS toprak nem ölçer kalibrasyon denklemi ve eğrisi

Figure 1. 10 HS soil moisture meter calibration equation and curve

Biyoaktivatör uygulamaları

Çalışmamızda; biyoaktivatör olarak ComCat adlı bitki büyümesini teşvik eden tamamen doğal, toksik olmayan yabancı bitkilerden üretilen organik sertifikalı yeni nesil bir bitki özü kullanılmıştır. Bitkilerin dikiminden yaklaşık iki ay sonra biyoaktivatör uygulamaları başlamıştır. Ortalama üç haftada bir olmak üzere toplamda gerçekleştirilen dört uygulamanın hangi tarihlerde ve hangi miktarlarda uygulandığı Çizelge 1’de verilmiştir.

Eko-fizyolojik ölçümler

Yetiştirme dönemi boyunca 28.01.2016 tarihinden itibaren bitkilerin içsel su durumu kestirimlerini yapmak amacıyla gün ortasına denk gelecek şekilde 11.00–13.00 saatleri arasında ayda bir olarak yaprak su ve potansiyeli

(PMS Instrument Company Model 615 ile) ve stoma iletkenliği (Decagon marka porometre cihazı ile) ölçümleri yapılmıştır.

İstatistiksel analizler

Denemeden elde edilen değerlere JMP paket programında varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklar LSD testiyle karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yaprak Su Potansiyeli

Farklı sulama ve biyoaktivatör uygulamalarının çilek bitkisinde yaprak su potansiyeli değişimleri üzerine etkileri Şekil 2,

Çizelge 2’de verilmektedir. Anılan şeklin incelenmesinden, Kabarla çeşitlerinde yaprak su potansiyeli değerlerinin IR 125 ve IR 100 uygulamalarında genellikle kısıntılı sulama uygulanan IR 75 ve IR 50 uygulamalarından daha yüksek olduğu açık bir biçimde görülmektedir. İhtiyacı olandan daha az sulama suyu verilen uygulamalarda bitkinin ihtiyacının tamamının verildiği ya da ihtiyacından daha fazla verildiği uygulamalara kıyasla su stresine girmiş olması beklenen bir durumdur.

Liu ve ark. [12], Klamkowski ve Treder [15] ve Grant ve ark. [11] inceledikleri çilek çeşitlerinde su eksikliğinin önemli ölçüde yaprak su potansiyelinde düşümlere neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bitkilerin yetiştirme ortamındaki su miktarı ihtiyaç duyduğundan daha az olması durumunda, su kaybının bitki dokularından transpirasyonla meydana gelerek yaprak su potansiyeli değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir [2, 28].

Kabarla çeşidi için, uygulamalara geçildikten sonra, en yüksek yaprak su potansiyeli değeri IR125 C (biyoaktivatörlü) uygulamasından –15.6 bar ile elde edilirken, en düşük yaprak su potansiyeli değeri ise IR50 (kontrol) uygulamasından –27.0 bar ile elde edilmiştir

(Çizelge 2). Su stresi oluşan ve biyoaktivatör kullanılmayan uygulamalarda bitkiler genellikle daha düşük yaprak su potansiyeli değerlerine sahip olmuşlardır.

Sulama düzeyleri ortalamaları kıyaslandığında en yüksek ortalama yaprak su potansiyeli değeri IR125 uygulamalarından elde edilirken, en düşük ortalama değerler ise IR50 uygulamalarından elde edilmiştir ve sulama düzeyleri arasında oluşan farklar istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

Biyoaktivatör uygulamalarından elde edilen ortalamalar dönemsel olarak incelendiğinde söz konusu uygulamaların olumlu etkisi gözlenirken (Şekil 2), uygulamalar arasında oluşan bu farklar istatistiksel anlamda da anlamlı bulunmuştur (Çizelge 2). Biyoaktivatör kullanımı, bitki için topraktaki sudan daha iyi yararlanma ve bünyesine daha fazla su alma özelliğini sağlayarak yaprak su potansiyelini arttırmıştır. Bu sonuç kontrol uygulamalarına kıyasla istenilen bir durumdur. Battacharyya ve ark. [1] 2015’de yaptıkları çalışmada biyoaktivatör kullanarak transpirasyonun azalması ile yaprak su potansiyelinin düşmesinin engellenebileceğini belirtmişlerdir. Bu sonuç, bizim bulduğumuz sonuçlar gibidir.

Çizelge 2. Uygulamaların Kabarla çilek çeşidinde ortalama yaprak su potansiyeli değerleri üzerine etkileri (bar)^z

Table 2. The effects of applications on average of leaf water potential in a variety of Kabarla (bar)^z

Uygulama Treatm.	Sulama düzeyi Irrigat. treat.	Büyüme periyodu (Growing period)						Uyg×sul App×irr	Uyg. ort. Aver. of treat.	Sulama düzeyi Irrigat. treat.	Sul. düz. ort. Aver. of irr. treat.
		1	2	3	4	5	6				
Biyoak. Bioact.	50	-12.0	-20.6	-23.3	-26.8	-22.2	-23.7	-21.4	-19.2A	50	-21.7D
	75	-12.0	-20.0	-22.4	-23.4	-19.4	-21.8	-19.8		75	-20.0C
	100	-12.0	-19.2	-21.1	-22.4	-18.4	-18.3	-18.6			
	125	-12.0	-18.5	-19.2	-20.3	-15.7	-15.6	-16.9			
Kontrol Control	50	-12.0	-21.8	-25.3	-27.0	-22.6	-23.0	-22.0	-19.5B	100	-18.5B
	75	-12.0	-19.4	-23.8	-24.0	-20.8	-20.8	-20.1		125	-17.1A
	100	-12.0	-18.5	-21.2	-22.7	-18.7	-18.1	-18.6			
	125	-12.0	-18.2	-20.1	-21.7	-16.3	-15.9	-17.4			
Dönem ortalamaları Average of periods		-12.0A	-19.5B	-22.0C	-23.6D	-19.2B	-19.7B				

D_{sul}(LSD_{irr})**=24.31 D_{dönem}(LSD_{per})**=29.78 D_{uyg}(LSD_{app})*=17.19 D_{sul × dönem}(LSD_{irr × per})**=59.55

^zOrtalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. **p<0.01. *p<0.05

^zThe differences between averages are shown in separate letters. **p<0.01. *p<0.05

Yaprak su potansiyelinin büyüme dönemleri boyunca genel bir değerlendirilmesi yapıldığında, deneme başlangıcında tüm uygulamalar ve çeşitlerde bitkilerin yaprak su potansiyeli değerlerinin birbirine çok yakın olduğu dikkat

çekmiştir. Kısıtlı sulama uygulamasına geçilmesinden sonra özellikle de bitki vegetatif aksamı zamanla daha da geliştiğinden bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarı da artmıştır. İhtiyacı olduğundan daha az sulama suyu verilen

uygulamalarda (IR 75 ve IR 50) ihtiyaç duyduğu miktarda suyu kök bölgesinden kaldıramadıklarından strese girerek yaprak su potansiyeli değerlerinde düşmeler meydana geldiği görülmektedir. Bununla birlikte büyüme dönemi ile birlikte Çukurova koşullarında iklimden kaynaklanan hava sıcaklığındaki artışlar ve buna bağlı olarak İspanyol tipi yüksek tünellerin içerisindeki oransal nem değerlerindeki azalmalar yaprak su potansiyeli değerlerinin daha da düşmesine neden olmuştur.

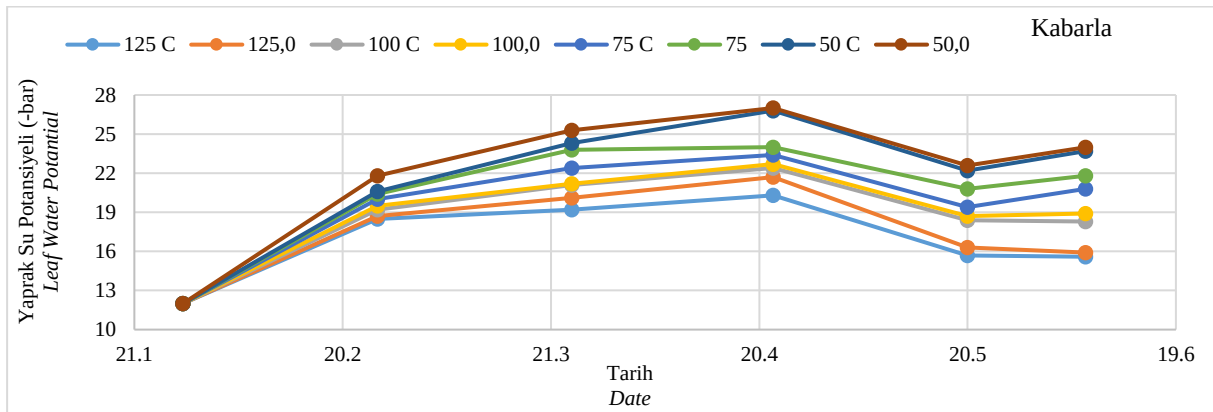
Stoma İletkenliği

Stoma iletkenliği, yaprak su potansiyeli gibi bitkinin içsel su durumunu anlamaya yarayan parametrelerden birisidir. Bu nedenle özellikle su stresi gibi çevresel faktör çalışmalarında önemli bir eko-fizyolojik parametre olarak yaygınlıkla kullanılmaktadır. Denemeye alınan çeşidin ve

farklı uygulamaların (biyoaktivatör ve farklı sulama düzeyleri) bitki gelişme dönemi boyunca stoma iletkenliğindeki değişimleri Şekil 3 ve Çizelge 3’de verilmiştir.

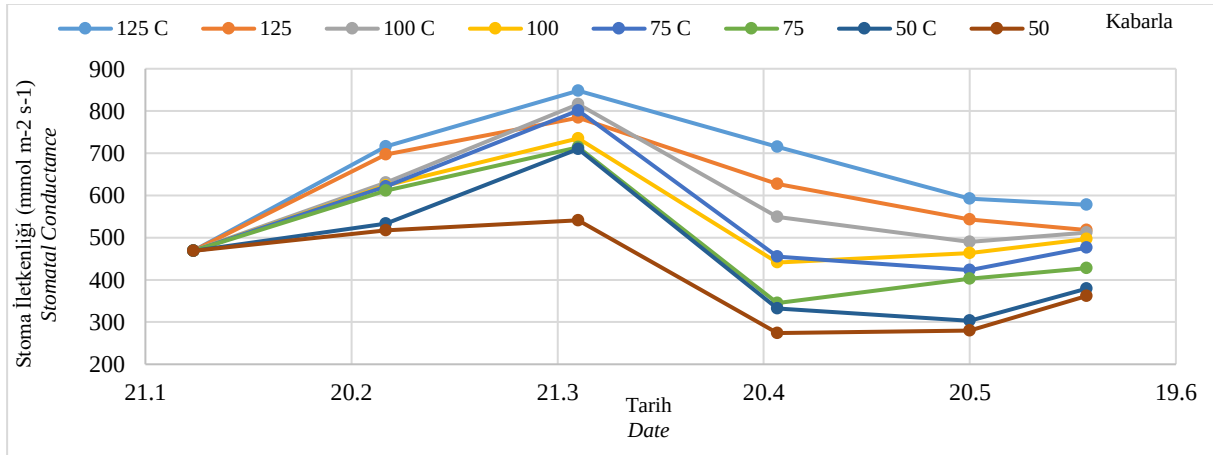
Çalışmada; stoma iletkenliği, farklı sulama düzeylerinden istatistiksel anlamda önemli derecede etkilenmiştir. Deneme başlangıcından farklı uygulamalara geçene kadar olan zaman diliminde bütün bitkilere aynı miktarda sulama suyu verildiğinden stoma iletkenliği değerlerinin de birbirine benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Ancak zamanla sulama düzeyi uygulamaları arasındaki toprak su içeriği farkı artmıştır. Buna paralel olarak da kısıntılı sulama uygulanan IR75 ve IR50 konularında stoma iletkenliklerinin, tam su (IR100 uygulamaları) ve ihtiyacı olduğundan daha fazla su uygulanan (IR125 uygulamaları) konuya kıyasla daha düşük değerlere sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Uygulamaların Kabarla çeşidinde yaprak su potansiyeli üzerine etkileri

Figure 2. The effects of applications on leaf water potential in a variety of Kabarla



Şekil 3. Uygulamaların Kabarla çilek çeşidinde stoma iletkenlik değerleri üzerine etkileri

Figure 3. The effects of applications on stomatal conductance in a variety of Kabarla

Kabarla çeşidinde en yüksek stoma iletkenliği değeri IR125 C (biyoaktivatörlü) uygulamasından 848 mmol m⁻² s⁻¹ olarak elde edilirken, en düşük stoma iletkenliği değeri IR50 (kontrol) uygulamasından 274 mmol m⁻² s⁻¹ olarak elde edilmiştir (Çizelge 3). İlave olarak; sulama düzeyi ortalamaları kıyaslandığında en yüksek değer IR125 uygulamasından elde edilirken, en düşük ortalama değer IR50 uygulamasından ölçülmüştür. Söz konusu parametre için, sulama düzeyleri arasında oluşan farklar istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Kısıntılı sulamanın stomalarda kapanmaya ve gaz alış verişinde kısıtlamaya neden olarak iletkenliği düşürmesi beklenen bir durumdur. Önceki çalışmalar da kuraklık arttıkça stomalardaki iletkenliğin tüm çeşitlerde azaldığını göstermiştir [1, 6, 11, 13, 14, 15].

Biyoaktivatör uygulamalarının stoma iletkenliği üzerine olumlu etkisi gözlenirken (Şekil 3), bu etki istatistiksel anlamda da önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Biyoaktivatör kullanımının bitki için topraktaki sudan daha iyi yararlanmasını ve bünyesine daha fazla su almasını teşvik ederek stomaların kapanmasını engellemesi ve böylece stoma iletkenliğinin kontrol uygulamalarına kıyasla daha iyi olması istenilen bir durumdur. Battacharyya ve ark. [1] 2015’de yaptıkları çalışmada biyoaktivatör kullanımının transpirasyonun azalması ile stoma iletkenliğini düzenleyerek su kullanım etkinliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Bu sonuç, bizim bulgularımızın da kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Uygulamaların Kabarla çilek çeşidinin ortalama stoma iletkenlik değerleri üzerine etkileri (mmol m⁻² s⁻¹)

Table 3. The effects of applications on average of stomatal conductance in a variety of Kabarla (mmol m⁻² s⁻¹)

Uygulama Treatm.	Sulama düzeyi Irrigat. treat.	Büyüme periyodu (Growing period)						Uyg × Sul App × Irr	Uyg. ort. Aver. of treat.	Sulama düzeyi Irrigat. treat.	Sul. düz. ort. Aver. of irr. treat.
		1	2	3	4	5	6				
Biyoak. Bioact.	50	469	533	710	332	303	379	454	556 A	50	431 D
	75	469	621	801	455	423	476	541			
	100	469	630	816	549	490	512	578		75	518 C
	125	469	716	848	715	592	578	653			
Kontrol Control	50	469	517	541	274	280	362	407	512 B	100	558 B
	75	469	611	714	345	403	428	495			
	100	469	623	735	441	463	497	538			
	125	469	697	784	627	543	518	606		125	630 A
Dönem ortalamaları Average of periods		469C	618B	744A	467C	437D	469C				

D_{uyg}(LSD_{app})**=17.19 D_{dönem}(LSD_{per})***=29.78 D_{sul}(LSD_{irr})***=24.3 D_{uyg × dönem}(LSD_{app × per})**=42.11 D_{sul × dönem}(LSD_{irr × per})**=39.55

* Ortalamalar arasındaki farklar ayrı harflerle gösterilmiştir. **p<0.01. *p<0.05

° The differences between averages are shown in separate letters. **p<0.01. *p<0.05

SONUÇ

Araştırma sonucunda su stresinin (kuraklık) çilek bitkisinde bazı eko-fizyolojik özellikleri (yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliği) olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliği bakımından en yüksek değerler IR125 uygulamalarından elde edilirken, en düşük değerler IR50 uygulamalarından elde edilmiştir. Denemedeki sulama düzeyi uygulamalarından kaynaklanan farklar her iki parametre için de istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Biyoaktivatör uygulamaları hem yaprak su potansiyeli hem de stoma iletkenliği bakımından olumlu etkiler yaratmış olup, uygulamalar arasında oluşan farklar istatistiksel anlamda da önemli olduğu bulunmuştur. Biyoaktivatör kullanılmayan konularda eko-fizyolojik özellikler genelde düşüş gösterse de su stresi ile birlikte çoklu stres olarak (su×biyoaktivatör) bitki eko-fizyolojik özellikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Çalışma sonuçları ışığında güçlü bir eko-fizyolojik yapı ile su tasarrufu için her ne kadar istatistiksel olarak fark belirlenememişse de, su

ve biyoaktivatör etkileşiminden elde edilecek kombinasyonun kullanılması bitki su kullanım etkinliğini arttırmaktan dolayı önerilebilir.

TEŞEKKÜR

Gerçekleştirilen çalışma; Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nce Araştırma Projesi (Proje No: FBA-2016-5542) çerçevesinde finanse edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Battacharyya, D., M. A. Babgohari, P. Rathor and B. Prithiviraj, 2015. Seaweed Extracts as Biostimulants in Horticulture. *Scientia Horticulture*. 196:39–48.
2. Blanke, M. M and D. T. Cooke, 2004. Effects of Flooding and Drought on Stomatal Activity, Transpiration, Photosynthesis, Water Potential and Water Channel Activity in Strawberry Stolons and Leaves. *Plant Growth Regul.* 42:153–160.
3. Blatt, C.R., 1984. Irrigation, Mulch, And Double Row Planting Related To Fruit Size And Yield of 'Bounty' Strawberry. *Hort. science* 19, 826–827.
4. Bota, J. Flexas and H. Medrano, 2001. Genetic Variability of Photosynthesis and Water Use in Balearic Grapevine Cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 138:353–361
5. Boyer, J. S., 1970. Leaf Enlargement and Metabolic Rates in Corn, Soybean, and Sunflower at Various Leaf Water Potentials. *Plant Physiol.* 46: 233–235.
6. Chandler, C. K. and D. C. Ferree, 1990. Response of 'Raritan' and 'Surecrop' Strawberry Plants to Drought Stress. *Fruit Var. J.* 44:183–185.
7. Çeliktöpuş, E., 2014. Farklı Anaç-Aşı Kombinasyonlarının Su ve Fosfor Eksikliği Koşullarında Domates Bitkisinin Su Kullanım Randımanı ile Verim ve Meyve Kalitesine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana*, 85s.
8. Doorenbos, J. and W. O. Pruitt, 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. *FAO-ONU, Rome, Irrigation and Drainage Paper No. 24 (Rev.)*, 144 pp.
9. Gehrman, H., 1985. Growth, Yield and Fruit Quality of Strawberries as Affected by Water Supply. *Acta Hort.* 171: 463–469.
10. Grant, O. M., A. W. Johnson, M. J. Davies, C. M. James and D. W. Simpson, 2010. Physiological and Morphological Diversity of Cultivated Strawberry (*Fragaria×ananassa*) in Response to Water Deficit. *Environmental and Experimental Botany* 68, 264–272.
11. Grant, O. M., M. J. Davies, C. M. James, A. W. Johnson, I. Leinonen and D. W. Simpson, 2012. Thermal Imaging and Carbon Isotope Composition Indicate Variation Amongst Strawberry (*Fragaria×ananassa*) Cultivars in Stomatal Conductance and Water Use Efficiency. *Environmental and Experimental Botany* 76, 7–15.
12. Herralde, F. De, R. Save, C. Biel, I. Batlle, F. J. Vargas, 2001. Differences in Drought Tolerance in Two Almond Cultivars: 'Lauranne' and 'Masbovera'. *Cahiers Options Me*
13. Jorba, J., L. Tapia and D. Sant, 1985. Photosynthesis, Leaf Water Potential and Stomatal Conductance in Olea Europaea under Wet and Drought Conditions. *Acta Hort.* 171:237–246. *Diterraneennes* 56:149–154.
14. Klamkowski, K. and W. Treder, 2002. Influence of a Rootstock on Intensity of Transpiration Rate and Dynamics of Changes of an Apple Tree Leader Growing Under Different Soil Water Regimes. *J. Fruit Ornam. Plant Res.* 10:31–39.
15. Klamkowski, K. and W. Treder, 2008. Response to Drought Stress of Three Strawberry Cultivars Grown Under Greenhouse Conditions. *Journal of Fruit Ornamental Plant Research*. 16, 179–188.
16. Krüger, E., G. Schmidt and U. Bruchner, 1999. Scheduling Strawberry Irrigation Based Upon Tensiometer Measurement and a Climatic Water Balance Model. *Sci. Horti.* 81, 409–424.
17. Kumar, S. and P. Dey, 2011. Effects of Different Mulches and Irrigation Methods on Root Growth, Nutrient Uptake, Water-Use Efficiency and Yield of Strawberry. *Sci. Horti.* 127, 318–324.
18. Liu, F., A. Shahnazari, M. N. Andersen, S. E. Jacobsen and C. R. Jensen, 2006. Effects of

- Deficit Irrigation (DI) and Partial Root Drying (PRD) On Gas Exchange, Biomass Partitioning and Water Use Efficiency in Potato. *Sci. Horti.* 109, 113–117.
19. Liu, F., C. S. Savi, C. R. Jensen, A. Shahnazari, S. E. Jacobsen, C. R. Stiki and M. N. Andersen, 2007. Water Relations and Yield of Lysimeter-Grown Strawberries under Limited Irrigation. *Scientia Horticulturae* 111, 128–132.
 20. Li, H., T. Li, R. J. Gordon, S. K. Asiedu and K. Hu, 2010. Strawberry Plant Fruiting Efficiency and Its Correlation with Solar Irradiance, Temperature and Reflectance Water Index Variation. *Environmental and Experimental Botany* 68, 165–174.
 21. Save, R., J. Penuelas, O. Marfa and L. Serrano, 1993. Changes in Leaf Osmotic and Elastic Properties and Canopy Structure of Strawberries Under Mild and Very Mild Water Stress. *Hortscience* 28, 925–927.
 22. Serrano, L., X. Carbonell, R. Save, O. Marfa and J. Penuelas, 1992. Effects of Irrigation Regimes on the Yield and Water Use of Strawberry. *Irrig. Sci.* 13, 45–48.
 23. Singer, S. M., Y. I. Helmy, A. N. Karas and A. F. Abou-Hadid, 2003. Influences of Different Water-Stress Treatments on Growth, Development and Production of Snap Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Hort.* 614:605–611.
 24. Şen, B., S. Topcu, M. Turkes, B. Sen and J. F. Warner, 2012. "Projecting Climate Change, Drought Conditions and Crop Productivity in Turkey", Climate Research (Interactions of Climate With Organisms, Ecosystems and Human Societies) *International and Multidisciplinary Journal*, Vol.52:175–191, 2012, Doi:10.3354/Cr1074
 25. Şen, Z., 2009. İklim Değişikliği Tatlı Su Kaynakları ve Türkiye. *Su Vakfı Yayınları*, 272s.
 26. Topcu, S., B. Sen and M. Türkeş, 2010. A Pilot Study Assessing Climate Change Impacts on Cereals. *Geophysical Research Abstracts Vol.12: Egu.2010–9249*.
 27. Türemiş, N. ve Y. S. Ağaoğlu, 2013. Çilek. Üzümsü Meyveler (Editör: Y. S. Ağaoğlu, R. Gerçekcioğlu). *Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları No: 1*, 55–100, Ankara.
 28. Valancogne, C., S. Dayau, T. Ameglio, P. Archer, F. A. Daudet, M. I. Ferreira Gama and M. Cohen, 1997. Relations between Relative Transpiration and Predawn Leaf Water Potential in Different Fruit Tree Species. *Acta Hort.* 449: 423–429.
 29. Yuan, B. Z., S. Nishiyama and Y. Kang, 2003. Effects of Different Irrigation Regimes on the Growth and Yield of Drip Irrigated Potato. *Agricultural Water Management*, 63(3):153–167.
 30. Yuan, B. Z., J. Sun and S. Nishiyama, 2004. Effect of Drip Irrigation on Strawberry Growth and Yield inside a Plastic Greenhouse. *Biosyst. Eng.* 87, 237–245.