

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Tuzluluk Stresinin Patlıcanda (*Solanum melongena* L.) Su Kullanım Etkinliği, Verim Bileşenleri, Yaprak Klorofil ve Karotenoid İçeriği Üzerine Etkileri

Ahmet TURHAN^{1*}, Hayrettin KUŞÇU²

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bursa, Türkiye

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

*e-posta:turhan@uludag.edu.tr; Tel: +90 (224) 2961556

Öz: Sulama suyu tuzluluğunun patlıcan bitkisinde verim, bazı verim bileşenleri, su kullanım etkinliği, yaprak klorofil ve karotenoid içeriği üzerine etkileri bir sera denemesi ile araştırılmıştır. Çalışmada, sulama suyu tuzluluğu için sekiz farklı elektriksel iletkenlik düzeyi (EC= 1.4, 2.4, 3.4, 4.4, 5.4, 6.4, 7.4 ve 8.4 dS/m), kontrol konusu olarak çeşme suyu (EC=0.4 dS/m) kullanılmıştır. Tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak tasarlanan araştırmada bitkiler silindirik lizimetlerde yetiştirilmiştir. Tuz stresine verimin tepkisi olarak, toprak tuzluluğu eşik değeri 1.49 dS/m olarak belirlenmiştir. Genelde, bitki su tüketimleri sulama suyu tuzluluğu ile azalırken, en yüksek su kullanım etkinliği düşük tuzluluk seviyelerinde (≤ 2.4 dS/m) saptanmıştır. Verim tepki etmeni 1.58 olarak bulunmuştur. Bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak alanı ve yaprak oransal su potansiyeli değerleri 3.4dS/m'lik tuzluluk seviyesiyle birlikte azalma eğilimine girmiştir. Düşük tuzluluk seviyeleri (1.4 ve 2.4 dS/m) patlıcan bitkisinin yaprak klorofil ve karotenoid içeriğini arttırmıştır.

Anahtar kelimeler: Bitki su tüketimi, Sera, Tuz toleransı, Verim tepki etmeni

Effects of Salinity Stress on Water Use Efficiency, Yield Components, Leaf Chlorophyll and Carotenoid Content of Eggplant (*Solanum melongena* L.)

Abstract: The effects of irrigation water salinity on some yield components, water use efficiency, leaf chlorophyll and carotenoid content of eggplant were investigated with a greenhouse experiment. Eight saline irrigation waters with electrical conductivities (EC= 1.4, 2.4, 3.4, 4.4, 5.4, 6.4, 7.4 and 8.4 dS/m and tap water (EC=0.4 dS/m) as a control treatment were utilized. The experiment was set up as a completely randomized design with four replications per treatment and crops was grown in cylindrical lysimeters. As the yield response to salt stress, the value of threshold salinity was determined as 1.49 dS/m for soil salinity. Crop evapotranspiration generally decreased with irrigation water salinity, the highest water use efficiency was obtained from relatively low salinity levels (≤ 2.4 dS/m). The crop yield coefficient (Ky) was calculated as 1.58. Plant height, plant fresh and dry weights, leaf area and relative dS/m increased leaf chlorophyll and carotenoid content of eggplant.

Keywords: Crop evapotranspiration, Greenhouse, Salt tolerance, Yield response factor

Giriş

Tuzluluk, kurak ve yarı kurak bölgelerde birçok kültür bitkisinin büyüme ve gelişmesini etkileyen, dolayısı ile veriminin azalmasından sorumlu temel çevresel faktörlerden biridir (Paul ve Nair 2008). Dünya genelinde, sulanan arazilerin %20'sine karşılık gelen ve dünyadaki gıda ihtiyacının %40'ının sağlandığı 800 milyon hektardan daha fazla bir alanda tuzluluk sorunu bulunmaktadır (Zahir ve ark. 2009; Barra ve ark. 2017). Ayrıca, tuzdan etkilenen tarım alanlarının her yıl artış göstermesi bitkisel üretimde önemli kayıplara neden olmaktadır (Çulha ve Çakırlar 2012). En önemli tuz problemi, sulama yapılan kurak ve yarı kurak bölgelerde ve sera alanlarında ortaya çıkmaktadır. Kök bölgesindeki yüksek tuz konsantrasyonunun en önemli nedeni sulama suyunun içerdiği çözünmüş tuzlar ya da yüksek düzeyde tuz içeren taban suyudur (Yurtseven ve ark. 1999). Toprakta buharlaşma ile saf su uzaklaştığı ve sulama suyu ile toprağa ilave olan tuz yağmur suyu ile yıkanmadığı zaman toprakta tuz birikimi meydana gelmektedir. Bunun yanında, toprak drenajı da kötü ise taban suyu ve tuzun toplandığı toprak katmanı daha da yukarılara çıkmaktadır. Böyle tarım alanlarında tuz miktarı düşük sulama suyunun kullanılması dahi toprakta önemli miktarda tuz birikimi meydana getirmektedir (Biggar ve ark. 1984).

Tuz stresinin en büyük etkisi, birçok kültür bitkisinde büyüme ve gelişmeyi sınırlandırmasıdır (Parida ve Das 2005; Paul 2012). Bitki gelişimine olumsuz etki eden tuzluluk etmenleri, toprağın ozmotik potansiyeli, bitki beslenme dengesizliği, özel iyon etkisi ve söz konusu bu etmenlerin kombinasyonu ile ilişkilidir (Ashraf 1994; Marschner

1995). Toprak saturasyon eriyiğindeki tuz miktarının yüksek olması bitkinin su alımını azaltmakta, toprakta yeterli su olsa bile bitki bu suyu alamamaktadır. Bu azalma, toprak çözeltisinin yüksek ozmotik basıncının düşük su mevcudiyetine bağlı olarak fizyolojik kuraklığa yol açmasından kaynaklanmaktadır (Hasegawa ve ark. 2000; Viegas ve ark. 2001).

Türkiye'nin farklı ekolojik koşullarında, gerek açık tarım alanlarında gerekse seralarda yetiştiriciliği gittikçe artan patlıcan bitkisinin; Bresler ve ark. (1982) tarafından tuza duyarlı bir sebze olduğu belirtilmiştir. Akıncı ve ark. (2004), Yaşar (2003) ise patlıcanı tuza orta derecede duyarlı bir sebze olarak sınıflandırmışlardır. Benzer olarak, Ünlükara ve ark. (2010), patlıcanın tuza orta derecede duyarlı bir sebze olduğunu ve verimin düşmeye başladığı tuzluluk eşik değerinin ise 1.5 dS/m olduğunu bildirmişlerdir.

Kıran ve ark. (2015)'nin rapor ettiği gibi; ekonomik değeri yüksek bitkilerin genelinin tuzluluğa karşı duyarlı olması, tuz stresine toleransı yüksek çeşitlerin kullanımı yanında dayanımı artıracak kültürel uygulamaları da gerekli hale getirmektedir. Bitkilerin tuz stresine verdiği tepkiler; bitki büyüme dönemine, tuzun bitkiye etki ettiği süreye, tuzluk düzeyine, ayrıca toprak ve iklim özelliklerine göre de farklılık gösterebilmektedir. Diğer taraftan tuza tolerans bitkiden bitkiye değişiklik gösterebilmektedir. Bitki türleri arasında farklılıklar olmasının yanı sıra, aynı türün farklı genotipleri arasında da tuzluluğa dayanıklılık yönünden de farklılıklar olabilmektedir (Shalata ve ark. 1998). Tuz stresine karşı bitki toleranslarını arttırmaya yönelik tercih edilen yöntemlerin zaman alıcı ve pahalı olması, farklı çeşitlerin geliştirilmesi yönünde çalışmalara ağırlık kazandırmıştır. Bu bağlamda, yöresel sebze çeşitlerinin araştırılması ve sahip olabileceği tuzluluk gibi stres faktörlerine karşı dayanım potansiyellerinin ortaya konulması, gelecekteki ıslah çalışmaları için önemli bir kazanım olacaktır. Çeşitlerin dayanıklılık özelliklerinin bilinmesi, bu çeşitlerin tuzluluğa toleranslarının artırılması yönünde anaç olarak kullanılmalarını da sağlayacaktır. Bu nedenle, çalışmada, Bursa Bölgesinde yetiştirilen yöresel 'Kirmasti' patlıcan çeşidinin tuzluluk stresi karşısında göstermiş olduğu tolerans durumunun incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bitki materyali, bitkilerin yetiştirilmesi ve tuz uygulamaları

Deneme, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulunda yer alan plastik örtülü bir serada, 2015 yılı Mayıs-Eylül aylarında yürütülmüştür. Deneme alanının coğrafi koordinatları 40°02' Kuzey, 28°24' Doğu olup deniz seviyesinden yüksekliği 22 m'dir. Denemelerde materyal olarak; Bursa ili, Mustafakemalpaşa ilçesinde yetiştirilen "Kirmasti" yöresel patlıcan çeşidi kullanılmıştır. Patlıcan tohumları Mustafakemalpaşa ilçesindeki yetiştiricilerden temin edilmiştir.

Çalışma, "tesadüf blokları deneme deseninde" 4 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Yinelemelerin her birinde 4 adet lizimetre yer almış ve her lizimetrede 1 adet patlıcan bitkisi yetiştirilmiştir. Sulama suyu tuzluluk seviyesi olarak 0.4 (kontrol), 1.4, 2.4, 3.4, 4.4, 5.4, 6.4, 7.4 ve 8.4 dS/m olmak üzere toplam 9 konu denenmiştir. Kontrol uygulaması için (0.4 dS/m) çeşme suyu kullanılmış olup, sodyum adsorpsiyon oranı 0.35'dir. Tuzlu sulama sularının hazırlanmasında NaCl tuzu kullanılmıştır.

Silindirik metal yapı (yükseklik 0.85 m, çap 0.58 m) lizimetrelerin içerisine, 200 kg hava kurusu kumlu-killi-tın bünyeye sahip toprak (%60 kum, %21 kil, %19 silt, %1.3 organik madde, %10.3 kireç, 35.6 ppm fosfor, 355.20 ppm potasyum, %0.09 toplam azot, pH= 7.4, EC= 0.26 dS/m, tarla kapasitesi %25, devamlı solma noktası %13 ve hacim ağırlığı 1.23 g/cm³) 2 mm göz açıklıklı elekten elendikten sonra doldurulmuştur. Drenaj suyunun toplanması için lizimetrelerin en alt kısmına bir vana yerleştirilmiş ve drenaj suyunun tahliyesini sağlamak için tabana 5 cm kum-çakıl karışımı konulmuştur. Dikimle birlikte analiz sonuçları dikkate alınarak 70 kg ha⁻¹ N (Üre), 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Diamonyum fosfat), 20 kg/ha K₂O (potasyum sülfat) uygulanmıştır. Ayrıca çiçeklenme döneminde 30 kg azot kg/ha N (Üre) verilmiştir.

Patlıcan tohumları, 1:1 oranında torf: vermükulit karışımı içeren viyollere Nisan başında ekilmiş, fideler 3-4 gerçek yapraklı aşamasına kadar standart Hoagland besin çözeltisi içeren sulama suyu ile sera ortamında yetiştirilmiştir. Yeknesak büyüklükte patlıcan fideleri lizimetrelere, 20 Mayıs'ta şaşırtılmıştır. Fide dikimini takip eden ilk 10 gün sulama uygulamalarında çeşme suyu kullanılmış, sonraki süreçte ise konulara göre sulamalar yapılmıştır (Ünlükara ve ark. 2010).

Sulama suyu hesabı, Cemek ve ark. (2005)'e göre belirlenmiştir (Eşitlik 1).

$$I = A \times E_{pan} \times k_p \times k_c$$

Eşitlikte:

I=Sulama suyu miktarı, A= lizimetrenin yüzey alanı (m²), E_{pan}= sulama aralıklarındaki kümülatif buharlaşma (mm), k_p= kap katsayısı, k_c= bitki katsayısıdır. Sulama suyu tuzluluğu denemesi olduğundan kap ve bitki katsayıları

1 olarak kabul edilmiştir. Sulama uygulamaları, kaptan buharlaşan kümülatif su miktarına göre 2-4 günde bir yapılmış ve her deneme konusuna aynı gün su verilmiştir.

Bitki su tüketimi ve su kullanım etkinliği

Bitki su tüketiminin belirlenmesinde su dengesi eşitliği kullanıştır (Mao ve ark. 2003).

$$ET = I - D \pm \Delta S$$

Eşitlikte; ET bitki su tüketimi (mm), I sulama suyu miktarı (mm), D drene olan su miktarı (mm) ve ΔS ise topraktaki nem değişimidir (mm). Drenaj suyu, lizimetrelerin en altına yerleştirilen vanalar aracılığı ile ölçülmüş, toprak nemindeki değişim ise gravimetrik örnekleme yöntemiyle saptanmıştır. Toprak nem ölçümleri, fide dikiminde ve hasatta olmak üzere 2 kez yapılmış ve fark alınarak toprak nem değişimi elde edilmiştir.

Su kullanım etkinliği (WUE , kg/m^3) taze patlıcan meyve veriminin bitki su tüketimine bölünmesiyle elde edilmiştir (Mao ve ark. 2003).

Verim tepki etmeni

Tuzlu koşullar altında patlıcan veriminin tahminlenmesine olanak sağlayan verim tepki etmeninin (K_y) modellenmesinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Doorenboss ve Kassam 1986; Katerji ve ark. 1998; Ünlükara ve ark. 2010).

$$\frac{Y_m - Y_a}{Y_m} = K_y \frac{ET_m - ET_a}{ET_m}$$

Eşitlikte, Y_m ve ET_m tuzsuz ya da kontrol konusu için sırasıyla en yüksek verim ve en yüksek bitki su tüketimi, Y_a ve ET_a ise tuzlu koşullarda deneme konularından elde edilen verim ve bitki su tüketimi, K_y ise bitki verim katsayısıdır.

Toprak tuzluluğu eşik değeri

Deneme sonunda (30 Eylül 2015), lizimetrelerin her 15 cm'lik toprak katmanından, toprak burgusu ile alınan örnekler, laboratuvarda hava kurusuna getirilip 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra bu örnekler doygunluk noktasına ulaşana kadar saf su eklenmiştir. Doygunluğa ulaşan toprak örnekleri 24 saat boyunca laboratuvar şartlarında gölgede bekletilmiş ve sonrasında ekstraktları çıkartılarak elektriksel iletkenlik değerleri 25°C sıcaklıkta bir EC-metre (TDScan-4 model, EutechInst. Singapore) ile ölçülmüştür (Ayyıldız 1990; Rhoades ve ark. 1999).

Toprak tuzluluğu eşik değeri, Maas ve Hoffman (1977)'in geliştirdiği $C_t = (Y_o - Y_m)/S$ eşitlikle hesaplanmıştır. Eşitlikte, C_t tuzluluk eşik değeri (dS/m), Y_o tuzsuz koşulda (0 dS/m) elde edilen verim (kg/m^2), Y_m kontrol konusundan (0.4 dS/m) belirlenen verim (kg/m^2) ve S ise regresyon eşitliğindeki doğrunun eğimidir.

Ölçüm ve analizler

Toplam verim; her uygulama konusuna ait bitkilerde ilk hasattan son hasat tarihine kadar olan süre içerisinde toplanan meyveler tartılmıştır. Bitki başına düşen ortalama verim kg olarak belirlenmiş ve 0.85×0.85 m (sıra üzeri ve sıra arası) dikim mesafeleri dikkate alınarak, verim kg/da olarak hesaplanmıştır.

Bitki yaş ve kuru ağırlık ölçümleri; kontrol ve tuz uygulamalarındaki tüm bitkiler deneme sonunda lizimetrelerden el ile sökülmüş ve temizlendikten sonra kök, gövde ve yaprak kısımlarına ayrılmıştır. Kök, gövde ve yaprak kısımları hassas terazide tartılmış ve bitki yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Aynı örnekler 65°C'de 48 saat etüvde kurutulmuş ve tartılarak kuru ağırlıkları bulunmuştur.

Bitki boyu ve yaprak alanı ölçümleri; hasattan önce, tüm uygulama gruplarındaki bitkilerin kök boğazından bitkinin büyüme ucuna kadar olan gövde yüksekliği bir cetvel yardımıyla, ortalama yaprak alanları ise Licor LI-3000A model yaprak alan ölçer ile saptanmıştır. Gövde boyu cm ve ortalama yaprak alanı cm^2 olarak ifade edilmiştir.

Yaprak oransal su potansiyeli; Sairam ve ark. (2002)'na göre saptanmıştır. Buna göre, saat 14.00-14.30 arasında toplanan olgun yapraklardan 1.5 cm çapında 4 adet disk çıkarılmış; disklerin taze ağırlıkları alınmış, 4 saat 100 ml saf suda bekletildikten sonra turgor ağırlıkları bulunmuştur. Yaprak örnekleri 65°C'de 48 saat etüvde tutulmuş, 48 saat sonunda örneklerin kuru ağırlığı alınmış ve oransal su kapsamı % olarak hesaplanmıştır.

Klorofil ve karotenoid konsantrasyonu; Arnon (1949)'a göre belirlenmiştir. Klorofil ve karotenoid analizleri için deneme sonunda her bitkinin sürgün ucundan itibaren geriye doğru ilk üç yaprak alınmış, örnekler aseton ile

homojenize edildikten sonra filtre edilmiştir. Elde edilen çözeltinin absorbans değerleri 652nm'de toplam klorofil ve 470 nm'de karotenoid değerleri spektrofotometrik olarak okunmuştur (CE 5502 UV spectrophotometer). Toplam klorofil ve karotenoid içeriği, taze ağırlık üzerinden Lichtenthaler ve Wellburn (1983)'a göre mg/g cinsinden hesaplanmıştır.

Meyve verimi, su kullanım etkinliği, bazı bitki büyüme parametreleri, yaprak oransal su potansiyeli, yaprak toplam klorofil içeriği ve karotenoid içeriği varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş ve F testine göre önemli çıkan parametrelere ilişkin gruplandırma $p < 0.05$ olasılık düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır. Verilerin analizlerinde IBM SPSS23 programı kullanılmıştır. Toprak tuzluluğu ile oransal verim arasındaki ilişki ile bitki su tüketimindeki oransal azalma ile verimdeki oransal azalma ilişkisi için regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Tuzluluk stresinin patlıcan bitkisi üzerindeki etkilerine yönelik yürütülen bu çalışmada, deneme konularının her birine mevsimlik olarak 786 mm sulama suyu uygulanmıştır. Deneme sonundaki toprak tuzluluk değerleri 0.86 ile 9.10 dS/m arasında değişim göstermiş ve artan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak artmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme konularından hasatta elde edilen ortalama toprak tuzluluğu, mevsimlik uygulanan sulama suyu miktarı, ortalama bitki su tüketimi, ortalama meyve verimi ve ortalama su kullanım etkinliği değerleri

Sulama suyu tuzluluk düzeyi (dS/m)	Toprak tuzluluğu (dS/m)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Meyve verimi (kg/da)	Su kullanım etkinliği (kg/m)
0.40	0.86 h	786	755	3308 a ¹	4.4 a
1.40	1.34 h	786	751	3285 a	4.4 a
2.40	2.20 g	786	752	3297 a	4.4 a
3.40	3.30 f	786	641	2352 b	3.7 b
4.40	4.85 e	786	644	2364 b	3.7 b
5.40	6.26 d	786	564	2058 c	3.7 b
6.40	6.86 c	786	487	1728 d	3.5 b
7.40	7.80 b	786	469	1214 e	2.6 c
8.40	9.10 a	786	398	779 f	2.0 d
ANOVA	**	-	-	**	**

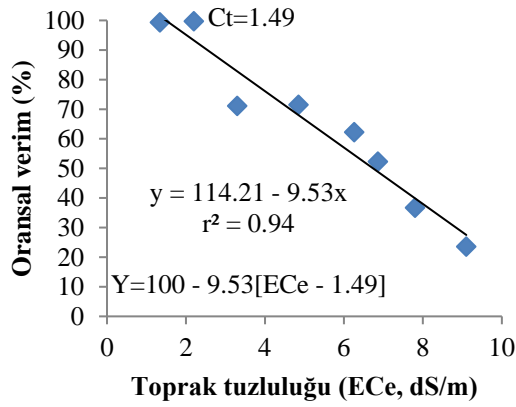
** F testine göre $p < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

¹ Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) farklılık göstermektedir.

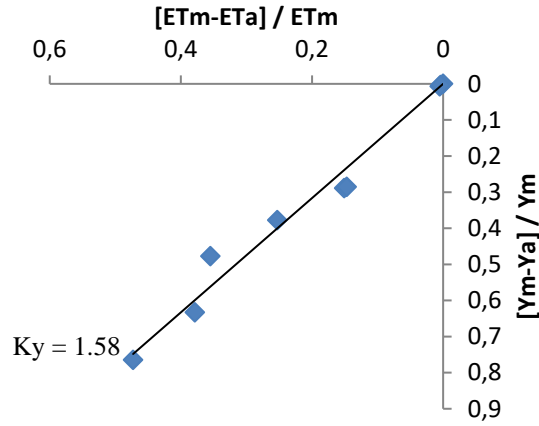
Tuzluluk sebze üretimini olumsuz etkileyen faktörlerin başında gelmektedir (Ghassemi ve ark. 1995). Yetiştirme ortamında tuzluluğun artması, patlıcan (Abdel-Azeem ve ark. 2012, Ünlükara ve ark. 2010), ıspanak, sarımsak, hıyar (Turhan ve ark. 2013, 2014, 2015) ve domates (Zhang ve ark. 2016) gibi pek çok sebze türünün büyümesini olumsuz etkilediği ve verimde kayıplar meydana getirdiği rapor edilmiştir. Bu çalışmada da; farklı tuz konsantrasyonları içeren sulama sularının patlıcan meyve verimine etkisi incelenmiş, en yüksek meyve verimleri düşük tuz konsantrasyonlarında (≤ 2.4 dS/m) bulunmuştur. Diğer bir deyişle, meyve verimi tuz konsantrasyonunun 2.4 dS/m'ye kadar artışından istatistiki olarak önemli miktarda etkilenmemiş buna karşın, 3.4 dS/m ve üzerindeki tuz konsantrasyonlarında verimde önemli kayıplar meydana gelmiştir. En yüksek meyve verim kontrol uygulamasında 3308 kg/da olarak ve en düşük meyve verimi ise 8.4 dS/m uygulamasından 779 kg/da olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çalışmamızda yer alan deneme topraklarındaki tuzluluk düzeyleri ile oransal meyve verimleri arasında regresyon analizi yapılmış, tuzluluk eşik değeri ile tuzluluk-verim ilişkisi Şekil 1'de sunulmuştur. Buna göre, $C_t = 1.49$ dS/m patlıcan veriminin azalmaya başladığı toprak tuzluluğu eşik değeri olarak hesaplanmıştır. Bu bulgulara benzer sonuçlar Ünlükara ve ark. (2010) tarafından da rapor edilmiştir. Araştırmacılar, patlıcanda tuzluluk eşik değerini 1.5 dS/m olarak belirlemişlerdir.

Diğer taraftan, bitki su tüketimi değerleri artan tuzluluk seviyeleri karşısında azalma göstermiş ve 398-755 mm arasında değişmiştir (Çizelge 1). Bitki su tüketimindeki oransal azalma ile verimdeki oransal azalma arasındaki ilişkinin bir göstergesi olan verim tepki faktörü $K_y = 1.58$ olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Bu sonuca göre, bitki su tüketiminin %10 düzeyinde azalması verimde %15.8'lik bir azalmaya neden olmaktadır. Sulama suyu tuzluluk seviyesi, patlıcan bitkisinin su kullanım etkinliği üzerinde de istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) farklılıklara neden olmuştur. En yüksek su kullanım etkinliği 1.4 ve 2.4 dS/m'lik tuzluluk seviyelerinde elde edilirken; bu dozların üzerindeki seviyelerde su kullanım etkinliği düşüş göstermiş; en düşük su kullanım etkinliği 8.4 dS/m düzeyinde tespit edilmiştir (Çizelge 1).



Şekil 1. Toprak tuzluluğu eşik değeri.



Şekil 2. Verim tepki faktörü.

Bitki boyu bakımından ortaya çıkan değişimler Çizelge 2’de gösterilmiştir. Bitki boyu, 0.4-2.4 dS/m düzeyleri arasında aynı istatistiksel grupta yer almış; sulama suyu tuz konsantrasyonlarının 3.4dS/m’ye çıkarılması ile bitki boyu kontrol bitkilerine oranla azalma göstermiştir. Patlıcan bitkilerinde en yüksek bitki boyu, 106.6 cm ile 1.4 dS/m uygulamasında ölçülmüştür. Buna karşın en düşük bitki boyu (45.0 cm) ise 8.4 dS/m uygulamasında saptanmıştır. Bu denemede, tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak bitki boyunda azalma yönündeki bulgu, daha önce yürütülen çalışmalarla paralellik göstermektedir (Zhang ve ark. 2013; Ünlükara ve ark. 2010; Kıran ve ark. 2015; Machado ve Serralheiro 2017).

Çalışmamızda, düşük tuz konsantrasyonu içeren sulama suları ile sulanmış bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları (kök, gövde ve yaprak) arasında önemli bir farklılık saptanmazken, bitki yaş ağırlığı 2.4 dS/m ve bitki kuru ağırlığı ise 3.4 dS/m üzerindeki tuz konsantrasyonlarından önemli düzeyde ($p < 0.05$) azalma göstermiştir (Çizelge 2). Nitekim patlıcan bitkilerine uygulanan en yüksek tuz konsantrasyonu olan 8.4 dS/m uygulamasından en düşük yaş (1200.50 g) ve kuru (124.05 g) ağırlıklar elde edilmiştir. Kıran ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada ortaya koydukları sonuçlar, bu çalışmadan elde ettiğimiz sonuçları destekler niteliktedir. Araştırmacılar, bazı patlıcan anaçlarında tuz stresinin bitki büyümesini farklı düzeylerde etkilediğini ve genelde bitkilerin vejetatif organlarında, yaş ve kuru ağırlıklarında azalmalara sebep olduğunu saptamışlardır. Yaşar (2003) patlıcan, Sevgör ve ark. (2011) kabak, Fidan ve Ekinci (2017) fasulye bitkilerinde yaptıkları çalışmalarda da tuz stresinin yaş ve kuru ağırlıklarda kayıplar meydana getirdiğini raporlamışlardır.

Çizelge 2. Farklı sulama suyu tuz konsantrasyonlarının meyve verimi, bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, yaprak alanı, yaprak oransal su potansiyeli, yaprak toplam klorofil içeriği, yaprak karotenoid içeriği üzerine etkileri

Sulama suyu tuzluluk düzeyi (dS/m)	Bitki boyu (cm)	Bitki yaş ağırlığı (g)	Bitki kuru ağırlığı (g)	Yaprak alanı (cm ²)	Yaprak oransal su potansiyeli (%)	Yaprak toplam klorofil içeriği (mg/g)	Yaprak karotenoid içeriği (mg/g)
0.40	105.70 a	1759.55 a	209.65 a	225.63 a	81.40 a	3.31 b	0.81 b ¹
1.40	106.60 a	1783.80 a	212.45 a	228.90 a	80.39 a	3.62 a	0.92 a
2.40	103.38 a	1758.41 a	206.39 a	224.56 a	75.07 ab	3.59 a	0.91 a
3.40	86.25 b	1524.98 b	205.27 a	201.79 b	68.85 bc	2.90 c	0.75 bc
4.40	67.08 c	1408.98 c	184.87 b	122.75 c	69.80 bc	2.76 c	0.74 cd
5.40	57.60 d	1424.92 bc	148.40 c	108.22 d	63.83 cd	2.31 d	0.71 cd
6.40	55.27 de	1323.50 c	151.28 c	77.57 e	60.85 de	2.07 e	0.69 d
7.40	47.25 ef	1209.44 d	144.55 c	66.88 ef	55.35 ef	1.82 f	0.73 cd
8.40	45.00 f	1200.50 d	124.05 d	59.85 f	52.50 f	1.73 f	0.55 e
ANOVA	**	**	**	**	**	**	**

** F testine göre $p < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

¹ Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) farklılık göstermektedir.

Tuz stresinin etkilediği önemli bitki büyüme parametrelerinden birisi de yaprak alanıdır (Munns ve Termaat 1986). Kıran ve ark. (2015) patlıcan anaçlarında gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında, tuz stresi sonucunda yaprak alanında değişen oranlarda azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, yaprak alanı ile tuz stresi arasında önemli negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Artan tuz stresi (≥ 3.4 dS/m) yaprak alanını önemli miktarda azaltmış ve daha küçük yaprak alanının oluşmasına neden olmuştur. En yüksek yaprak alanı düşük tuz

konsantrasyonu içeren sulama suyu (≤ 2.4 dS/m) ile sulanmış patlıcan bitkilerinde tespit edilmiştir. Çalışmaya konu olan patlıcan çeşidine ait bitkilerin yaprak alanlarının 228.90 cm^2 ($EC=1.4$ dS/m ile 59.85 cm^2 ($EC= 8.4$ dS/m) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 2).

Ekmekçi ve ark. (2005) göre, yetiştirme ortamı tuz konsantrasyonunun artmasıyla, bitkinin topraktan su alımı güçleşmektedir. Bu durumda, ozmotik basıncın yükselmesi ile bitki köklerinin topraktaki mevcut suyu alması engellenmektedir (Ayyıldız 1990). Bitkilerin yeterli su alamaması sonucunda ilk ortaya çıkan belirti yaprak alanının azalmasıdır (Mohd ve ark. 2004). Araştırmamızda, patlıcan bitkilerine değişik tuz konsantrasyonu içeren sulama suları uygulanmış, bu uygulamalar ile bitkilerinin yaprak oransal su potansiyeli arasındaki ilişkiler incelenmiş ve bu ilişkilere ait sayısal sonuçlar Çizelge 2’de gösterilmiştir. En yüksek su potansiyeli kontrol, 1.4 ve 2.4 dS/m uygulamalarından elde edilmiştir. Tuzluluk düzeylerinin artması (≥ 3.4 dS/m) yaprak su potansiyelinin de önemli miktarda azalmasına neden olmuştur. Nitekim en yüksek su potansiyeli tuz ilave edilmemiş (kontrol) sulama suyu uygulamalarından alınmıştır (%81.40). Buna karşın, en düşük yaprak oransal su potansiyeli de (%52.5) yüksek tuz içeren sulama suyu (8.4 dS/m uygulanmış bitki yapraklarında gözlemlenmiştir.

Patlıcan yaprakları klorofil kapsamı tuz stresinden olumsuz yönde etkilenmektedir. Tuzlu sulama suyu ile yapılan sulamaların patlıcanda klorofil kayıplarına sebep olduğu Bsoul ve ark. (2016) tarafından bildirilmiştir. Yetiştirme ortamında artan tuzluluğun yapraklarda klorofil degregasyonu meydana getirdiği daha önce yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Malibari ve ark. 1993; Salama ve ark. 1994). Çalışmamıza konu olan Kirmasti patlıcan çeşidinde de önceki çalışmalara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre, değişik tuzluluk düzeylerindeki sulama suyu uygulamaları ile yaprak toplam klorofil ve karotenoid içerikleri arasında istatistiksel yönden önemli ($p<0.05$) ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 2). Düşük tuz stresi (≤ 2.4 dS/m) uygulamalarında yaprak klorofil ve karotenoid içeriklerinin yüksek olduğu, buna karşılık 3.4 dS m^{-1} tuz seviyesinden itibaren azalma meydana geldiği saptanmıştır. Söz konusu parametrelerdeki negatif etkiler artan tuz konsantrasyonları ile daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Yaprak klorofil ve karotenoid içeriklerinin en yüksek olduğu uygulama 1.4 dS/m iken en düşük içerikler 8.4 dS/m düzeyinde belirlenmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, meyve verimi, su kullanım etkinliği, bazı verim ve kalite bileşenleri ile sulama suyu tuzluğu arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Verimin düşmeye başladığı toprak tuzluluğu eşik değeri $C_t= 1.49$ dS/m olarak bulunmuştur. Bu sonuç, ‘Kirmasti’ yerel patlıcan çeşidinin meyve verimi bakımından tuza duyarlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, istatistiksel olarak verimde önemli miktarda azalma 3.4 dS/m sulama suyu tuz konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Genelde, 3.4 dS/m tuz konsantrasyonu büyüme parametrelerinin yanı sıra yaprak klorofil ve karotenoid içeriklerinde de sınır değeri olmuş ve söz konusu parametrelerde istatistiksel olarak önemli kayıplar 3.4 dS/m ve üzerinde artan konsantrasyonlarda ortaya çıkmıştır. Her ne kadar incelenen parametrelerdeki performansı bakımından tuza duyarlı bulunmuş olsa da, Kirmasti patlıcanı kuvvetli büyüyen ve dayanıklı, verimli, bölgeye iyi uyum sağlamış, ıslah çalışmalarında ve anaç olarak kullanılabilir potansiyele sahip değerli bir genetik kaynak olarak dikkati çekmektedir.

Kaynaklar

- Abdel-Azeem AM, Elwan MWM, Sung JK, Ok YS (2012). Alleviation of salt stress in eggplant (*Solanum melongena* L.) by plant-growth-promoting Rhizobacteria. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43:1303-1315.
- Akıncı IE, Akıncı S, Yılmaz K, Dikici H (2004). Response of eggplant varieties (*Solanum melongena*) to salinity in germination and seedling stages. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 32: 193–200.
- Arnon DI (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.
- Ashraf M (1994). Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 13(1): 17-42.
- Ayyıldız M (1990). Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 1196, Ankara.
- Barra PJ, Inostroza NG, Mora ML, Crowley DE, Milko AJ (2017). Bacterial consortia inoculation mitigates the water shortage and salt stress in an avocado (*Persea americana* Mill.) nursery. Applied Soil Ecology, 111: 39-47.
- Biggar JW, Rolston DE, Nielsen DR (1984). Transport by salt water. California Agriculture, 38(10): 10-12.
- Bresler E, McNeal BL, Carter DL (1982). Saline and sodic soils. Springer-Verlag: Berlin.
- Bsoul EY, Jaradat SP, Al-Kofahi P, Al-Hammouri AA and Alkhatib R (2016). Growth, water relation and physiological responses of three eggplant cultivars under different salinity levels. Jordan Journal of Biological Sciences, 9(2):123-130.

- Cemek B, Apan M, Demir Y, Kara T (2005). Sera koşullarında farklı sulama suyu miktarlarının hıyar bitkisinin büyüme, gelişme ve verimi üzerine etkisi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20(3): 27-33.
- Çulha Ş ve Çakırlar H (2012). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. AKU J. Sci., 11: 11-34.
- Doorenbos J and Kassam AH (1986). Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, Rome.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20(3):118-125.
- Fidan E ve Ekincialp A (2017). Bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin farklı seviyelerdeki tuz stresine gösterdikleri tepkilerin incelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(4): 558-568.
- Ghassemi F, Jackman AJ, Nix AH (1995). Salinization of land and water resources. CAB International, Wallingford, England.
- Hasegawa, PM, Bressan, RA and Pardo JM (2000). The dawn of plant salt to tolerance genetics. Trends in Plant Sci., 5: 317-319.
- Katerji N, vanHoorn JW, Hamdy A, Mastrorilli M, Karam F (1998). Salinity and drought, a comparison of their effects on the relationship between yield and evapotranspiration. Agricultural Water Management, 36: 45-54.
- Kıran S, Kuşvuran Ş, Özkay F, Özgün Ö, Sönmez K, Özbek H, Ellialtıoğlu ŞŞ (2015). Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 8(1): 20-30.
- Lichtenthaler HK and Wellburn AR (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochem. Soc. Transac. 11: 591-592.
- Maas EV and Hoffman GJ (1977). Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation and Drainage, ASCE: 115-134.
- Machado RMA and Serralheiro RP (2017). Soil Salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. Horticulturae, 3(2): 1-13.
- Malibari AA, Zidan MA, Heikal MM, El-Shamary S (1993). Effect of salinity on germination and growth of alfalfa, sunflower and sorghum. Pak J. Bot.25:156-60.
- Mao X, Liu M, Wang X, Liu C, Hou Z, Shi J (2003). Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the north China plain. Agri. Water Manage., 61, 219-228.
- Marschner H (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press., pp. 657-680.
- Mohd R, Ismail M, Yusoff K and Mahmood M (2004). Growth, water relations, stomata conductance and proline concentration in water stressed banana (*Musa spp.*) plants. Asian J. Plant Sci., 3:709-713.
- Munns R and Termaat A (1986). Whole-plant responses to salinity. Aust. J. Plant Physiol. 13: 143-160.
- Parida AK and Das AB (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A Review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349
- Paul D and Nair S (2008). Stress adaptations in a plant growth promoting Rhizobacterium (PGPR) within creasing salinity in the coastal agricultural. Soils Journal of Basic Microbiology, 48: 378-384.
- Paul D (2012). Osmotic stress adaptations in Rizobacteria. J. Basic Microbiol., 52:1-10.
- Rhoades JD, Chanduvi F, Lesch S (1999). Soil salinity assessment. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. FAO Publications No: 57, Rome.
- Sairam RK, Raok V and Srivastava GC (2002). Differential response of wheat genotypes to long terms salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163: 1037-1046.
- Salama S, Trivedi S, Busheva M, Arafa AA, GarabandErdei L (1994). Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. J. Plant Physiol.144: 241-247.
- Sevengör S, Yasar F, Kusvuran S, Ellialtıoğlu S (2011). The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. African Journal of Agricultural Research, 6 (21): 4920-4924.
- Shalata A and Tal M (1998). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. Physiol. Plant. 104: 169-174.
- Turhan A, Kuscu H, Ozmen N, Asık AA, Serbeci MS, Seniz V (2013). Alleviation of deleterious effects of salt stress by applications of supplementary potassium-calcium on spinach. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 63(2): 184-192.
- Turhan A, Kuscu H, Ozmen N, Demir AA (2014). Farklı tuzluluk düzeylerinin sarımsakta (*Allium sativum* L.) verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 20: 280-287.
- Turhan A, Kuscu H, Demir AA (2015). Sulama suyu tuzluluğunun hıyarın verim, meyve özellikleri ve su kullanım etkinliği üzerine etkisi. JAFAG, 32 (3): 29-38.
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E, Suarez DL (2010). Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. Irrig. And Drain., 59: 203-214.
- Yaşar F (2003). Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak incelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, Van, 138s.

- Yurtseven E, Parlak M, Demir K, Öztürk A ve Kütük C (1999). Turp (*Raphanus sativus* L.) bitkisinde farklı sulama suyu tuzluluğu ve Ca/Mg oranı uygulamaları: 1. Bazı verim parametrelerine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 5(3): 28-34.
- Viegas RA, Silveira JAG, Junior ARL (2001). Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. Braz. J. Environ. Agric. Eng. 5: 216–222.
- Zahir ZA, Ghani U, Naveed M, Nadeem SM, Asghar HN (2009). Comparative effectiveness of *Pseudomonas* and *Serratia* sp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. Arch. Microbiol., 191:415-424.
- Zhang G, Zhang L, Chen B, Zhou Z (2013). Photosynthesis, ion accumulation, antioxidants activities and yield responses of different cotton genotypes to mixed salt stress. African Journal of Agricultural Sciences, 8(47): 6002-6011.
- Zhang P, Senge M, Dai Y (2016). Effect of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. Reviews in Agricultural Science, 4: 46-55.