

Havucun Verim ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Sulama Suyu Tuzluluğu ve Kalsiyumun İnteraktif Etkileri

Ahmet Turhan¹Neşe Özmen¹Hayrettin Kuşçu^{2*}¹Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu 16500 Bursa²Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü 16059 Bursa

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): kusc@uludag.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 01.12.2017

Kabul tarihi (Accepted): 12.12.2017

DOI : 10.21657/topraksu.410124

Öz

Tuz stresi, tarımsal üretimde önemli abiyotik stres etmenlerinden biridir. Bu çalışmanın amacı, havuç (*Daucus carota* L.) bitkilerinde sulama suyu tuzluluğu ve tuzluluk stresinin zararlı etkilerinin azaltılması üzerine Ca^{2+} uygulamalarının etkilerini araştırmaktır. Çalışma, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulunda yer alan bir serada yürütülmüştür. Sulama suyundaki beş farklı NaCl düzeyine (0, 20, 40, 60 ve 80 mM) ek olarak, denemeler her bir NaCl düzeyi için toprağa uygulanan 0, 4 ve 8 mM Ca^{2+} ile tekrarlanmıştır. Araştırma, bölünmüş parseller deneme desenine uygun olarak 4 tekerrürlü yürütülmüş, her tekerrürde 1 adet lizimetre ve her lizimetrede de 12 adet havuç bitkisi olacak biçimde planlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, sulama suyu tuzluluğu arttıkça pazarlanabilir verim azalmıştır. Kalite parametrelerinde (meyve su içeriği, suda çözünür kuru madde, indirgen şeker, β -karoten ve vitamin C) ise tuzun olumsuz etkileri 20 mM üzerinde artan tuz konsantrasyonlarında görülmüştür. Tuzlu ortamda Ca^{2+} uygulamaları, havucun suda çözünür kuru madde, indirgen şeker, β -karoten ve vitamin C içeriklerinde tuzun olumsuz etkilerini hafifletmiştir. Diğer taraftan, pazarlanabilir havuç verimi, meyve su içeriği ve toplam asit değerleri üzerinde kalsiyum uygulamalarının herhangi bir pozitif etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu bulgular, sulama suyundaki tuz konsantrasyonuna ek olarak toprağa uygulanan ilave Ca^{2+} uygulamasının doğru bir şekilde yönetilmesinin, havucun bazı kalite parametrelerini iyileştirmek için etkili bir araç olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: havuç, tuzlu su, kalsiyum, kalite

Interactive Effects of Ca^{2+} and Irrigation Water Salinity on Yield and Some Quality Parameters of Carrot

Abstract

Salt stress is one of the major abiotic stress factors in agricultural production. The aim of the present study is to investigate the effects of irrigation water salinity and the influence of supplemental Ca^{2+} on the alleviation of the deleterious effects of salinity stress in carrots (*Daucus carota* L.). The study was carried out in a greenhouse located at Uludag University Mustafakemalpaşa Vocational School. In addition to four NaCl levels of 0, 20, 40, 60 and 80 mM in irrigation water, the treatments were repeated with 0, 4 and 8 mM Ca^{2+} applied to the soil at each NaCl level. Research was laid out in randomized parcel design with five replications and 12 plants in each replication on lysimeters formed in greenhouse. According to the results, increasing irrigation water salinity decreased

the marketable yield. In the quality parameters (fruit juice content, soluble solids, reducing sugar, β -carotene and vitamin C), adverse effects of salt stress were observed at increasing salt concentrations above 20 mM. Ca^{2+} applications in the saline soil alleviated the negative effects of salt on soluble solids, reducing sugar, β -carotene and vitamin C contents of carrots. On the other hand, it has been determined that there is no positive effect of calcium applications on marketable yield, fruit juice content and total acid values. These findings suggest that a proper management of the salt concentration of the irrigation water plus additional Ca^{2+} applications to soil may provide an efficient tool to improve the some quality parameters of carrots.

Key word: Carrot, water salinity, calcium, quality

GİRİŞ

Tuz stresi, tarımsal üretimde önemli abiyotik streslerden biridir. Dünyadaki arazilerin %20'lik kısmı tuzluluk problemi etkisi altındadır (Zhu, 2001). Türkiye'de yaklaşık 1.5 milyon hektarda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık %32.5'ine denktir (Ekmekçi, 2005). Tuzluluk, yağışın az buharlaşmanın fazla olduğu kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde etkili olmaktadır. Bu bölgelerde yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzlar yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkmakta ve buharlaşma sonucu tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesine neden olmaktadır (Kwiatowsky, 1998; Kara, 2002). Diğer taraftan, toprakta tuz birikimi kalitesiz sulama suları ve aşırı gübre kullanımından da kaynaklanabilmektedir (Zhu, 2001).

Tuz stresinin en büyük etkisi birçok kültür bitkisinde büyüme ve gelişmenin azalmasıdır. Bitki gelişiminde tuzluluğun zararlı etkileri, toprak çözeltisinin ozmotik potansiyeli, beslenme dengesizliği, özel iyon etkisi ve bu faktörlerin kombinasyonu ile ilişkilidir. Ozmotik stres, sodyum iyonlarının direkt bir etkisi olmaksızın su eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Munns, 2002). Beslenme dengesizliği ise aşırı miktarda Na ve Cl birikiminden kaynaklanmakta ve K, Ca, Mn, NO_3 gibi besin elementlerinin alımının azalmasına neden olmaktadır (Hasegawa vd., 2000; Viegas vd., 2001). Tuzun yüksek olduğu toprak koşullarında yetiştirilen bitkilerde, köklerle yüksek oranda Na iyonu alınmakta ve bu iyonun bitki organlarına taşınmasıyla bitki bünyesindeki miktarı yükselmektedir. K ve Ca alımlarındaki ve taşınımındaki azalma ile bitki organlarındaki oranları düşmektedir. Ca ve K iyonları fizyolojik olaylarda anahtar rol oynarken, Na iyonunun besin elementi olarak etkisi yoktur. Ayrıca Na

iyonunun K ve Ca iyonlarına karşı artış göstermesi iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Al-Karaki, 2000).

Havuç tuzluluğa duyarlı bir sebze olarak sınıflandırılmaktadır (Gibberd vd., 2002). Havuç veriminde azalma, toprak saturasyon eriyiği elektriksel iletkenliğinin 1 dS m^{-1} 'nin üzerine çıkmasıyla başlamaktadır (Rhoades vd., 1992).

Tuzlu topraklarda tarımsal üretimin devamlılığı, yetiştiriciliği sınırlayan tuzluluk düzeyinin düşük tutulmasıyla olasıdır (Akat ve Özzambak, 2013). Tuzun zararlı etkilerini azaltmak için yapılan çalışmalar daha çok ek K ve Ca uygulamalarına odaklanmıştır (Reid ve Smith, 2000). Navarro vd. (2000) yaptıkları çalışmada tuza dayanımın artırılmasında kalsiyumun önemli rolünün olduğunu belirtmişlerdir. Tuzluluktaki artış ile birlikte kalsiyum alımı da azalmaktadır. Tuz stresine maruz kalmış bitkilere ilave kalsiyum uygulaması, bitkilerin strese karşı koyabilme kapasitesini arttırmaktadır (Martinez-Ballesta vd., 2000). Diğer taraftan, kalsiyum uygulamaları ile köklerin azot, potasyum ve fosfor alımlarının da arttığı, hücre duvarının, dolayısı ile dokuların güçlendiği, fotosentezin hızlandığı, domates ve şeker pancarı gibi bazı bitkilerde meyve kalitesinde iyileşme ve meyve büyüklüklerinde artış meydana geldiği rapor edilmiştir (Fenn vd., 1991). Tuza maruz kalmış bitkilerde kalsiyum uygulamasının, sodyum alımını azalttığı, buna karşın potasyum ve kalsiyum alımını arttırdığı, bitkilerde büyümeyi teşvik ettiği için önemlidir. Tuzlu koşullarda yetiştirilen çileklere uygulanan $CaSO_4$ meyve verimi ve kalitesinde önemli miktarda artışa neden olmuştur (Khayyat vd., 2007).

Tuz miktarı düşük kaliteli sulama sularının bulunmadığı durumlarda, havuç gibi sebzeler çoğunlukla değişik miktarda tuz içeren düşük

kaliteli yer altı suları ile sulanmaktadır. Düşük kaliteli sulama sularının kullanılması, verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Olumsuz koşulların bitki gelişimini sınırlandırıcı etkisini azaltmak ve verimliliğini artırmak amacıyla bazı önlemler alınabilmektedir. Bu bağlamda, birçok araştırmacı tuz ve kalsiyum arasındaki ilişkilere odaklanmıştır (Renault vd., 2001). Renault ve Affifi (2009)'de bildirdiği gibi tuzun zararlı etkilerini azaltmak için yapılan kalsiyum uygulamalarından olumlu sonuçlar alınabilmektedir. Caines ve Shennan (1999) domates genotiplerinde yaptığı çalışmada, tuz uygulamasının gövde büyümesini olumsuz etkilediğini ve bu olumsuz etkilerin ilave Ca (10 mM, CaSO₄) uygulaması ile azaltılabileceğini bildirmiştir. Fasulye bitkilerinde yapılan diğer çalışmada ise ilave Ca (CaSO₄) uygulamalarının tuz stresi etkilerini azalttığı ve uygulama dozlarının da 1-10 mM arasında olması gerektiğini vurgulamıştır (Lahaye ve Epstein, 1971). Tuz zararının azaltılmasında düşük konsantrasyonlu Ca uygulamaları, yüksek konsantrasyonlu uygulamalara göre daha etkilidir (Grattan ve Grieve, 1999).

Bu çalışmada havuçlarda kullanılacak sulama sularının tuzluluk sınırının belirlenmesi, farklı tuz konsantrasyonlarının pazarlanabilir verim ve kalite parametrelerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, havuç bitkilerinde tuz ve kalsiyum uygulamaları arasındaki ilişkilerin incelendiği araştırma sayısı çok sınırlıdır. Bu bağlamda, çalışmamızın diğer bir amacı da tuz zararının azaltılması için alınabilecek önlemlerden birisi olan kalsiyum uygulamalarının etkisini havuç bitkilerinde araştırmaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu deneme arazisinde kurulu, plastik örtülü uygulama serasında (40°02' N, 28°23' E; deniz seviyesinden yükseklik 22 m) yürütülmüştür. Yetiştirme süresi boyunca sera ortamındaki ortalama sıcaklık ve nem, sırasıyla 22°C ve %69 olarak ölçülmüştür. Araştırmada bitkisel materyal olarak, ülkemiz havuç yetiştiriciliğinde önemli bir yeri olan ve ticari olarak üretimi yapılan 'Nantes' (Daucus carota L.) havuç çeşidi kullanılmıştır.

Araştırma, bölünmüş parseller deneme desenine uygun olarak 4 tekerrürlü yürütülmüş, her tekerrürde 1 adet lizimetre ve her lizimetrede de 12 adet havuç bitkisi olacak

biçimde planlanmıştır. Silindirik yapılı (0.85 m yüksekliğinde ve 0.58 m çapındaki) lizimetrelerin içerisine, 200 kg hava kurusu kumlu-killi-tın bünyeye sahip toprak (%60 kum, %21 kil, %19 silt, %1.3 organik madde, kireç %10.26, fosfor 35.6 ppm, potasyum 355.20 ppm, toplam azot %0.09, pH= 7.4, EC= 0.26 dS m⁻¹, hacim ağırlığı 1.23 g cm⁻³, tarla kapasitesi %25, devamlı solma noktası %12) 2 mm göz açıklıklı elekten elendikten sonra doldurulmuştur. Lizimetrelerin tabanına, drenaj suyunun toplanması için bir musluk monte edilmiş, olası drenaj suyunun kolaylıkla tahliye edilebilmesi için 5 cm kum-çakıl karışımı yerleştirilmiştir. Lizimetrelere temel gübre olarak, 90 kg ha⁻¹ N (Üre) ve 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Diamonyum fosfat), 5 kg ha⁻¹ K₂O (potasyum sülfat) uygulanmıştır. P ve K gübrelere tamamı ve N gübresinin yarısı ekimden önce, N gübrenin diğer yarısı da ilk tuz uygulamasından 20 gün sonra verilmiştir (Ünlükara vd., 2011). Havuç tohumları; lizimetreye sıra üzeri 12 cm ve sıra arası 25 cm mesafelerde, 25 Temmuz'da ekilmiştir. Ekimden hemen sonra saf su uygulanmış ve bitkilere gerekli bakım işlemleri deneme süresince düzenli olarak yapılmıştır.

Tohum ekimi ile birlikte 15 Ağustos'a kadar sulamalarda saf su kullanılmış ve daha sonraki uygulamalarda ise konulara göre sulama uygulanmıştır. Uygulama konusu olarak 2 faktör ele alınmıştır. Ana faktör olarak 5 tuz (NaCl) dozu (T₀: 0 mM, T₂₀: 20 mM, T₄₀: 40 mM, T₆₀: 60 mM ve T₈₀: 80 mM) alt faktör olarak ise 3 kalsiyum (Ca) düzeyi (Ca₀: 0 mM, Ca₄: 4 mM ve Ca₈: 8 mM) uygulanmıştır. Tuzlu sulama sularının hazırlanmasında suda eriyebilme kapasitesi yüksek olan NaCl tuzu ve ilave kalsiyum uygulamalarında da CaSO₄ (kalsiyum sülfat) kullanılmıştır. Çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan çeşme suyunun EC değeri 0.32 dS m⁻¹, Ca ve Na değerleri ise sırasıyla 1.78 ve 0.98 me lt⁻¹ olarak ölçülmüştür. Sulama programının uygulanması için A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma miktarları esas alınmış ve kap katsayısı 1 olarak kabul edilmiştir. Sulama aralığı, Bursa ilinde çiftçilerin havuç yetiştiriciliğinde yaygın olarak tercih ettiği 3 gün olarak alınmış ve her deneme konusuna aynı zamanda sulama uygulaması yapılmıştır. Sulamalar, vejetasyon süresi boyunca, ölçülü bir kap aracılığı ile düşük hızda bitki kök bölgesine verilmiş ve toplamda 30 kez sulama yapılmıştır. Deneme boyunca 15 gün aralıklar ile tüm lizimetrelerin her 15 cm'lik katmanından, Hollanda tipi toprak burgusu

ile toprak örnekleri alınarak kurutulmuş ve bu örnekler üzerinde, elektriksel iletkenlik değerleri 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılmış toprak örneklerinde EC metre (TD Scan-4 model, Eutech Inst. Singapur) ile ölçülmüştür.

Deneme sonunda her lizimetredeki tüm havuçlar el ile yapraklı olarak sökülmüş, bitkinin yan kökleri ve yaprakları kesilmiş, havuç üzerindeki topraklar yıkanarak arındırılmıştır. Pazarlanabilir verim (kg da^{-1}), düzgün şekilli, sağlam, yarıksız, çatlaksız, sıyrıksız, çatallanmamış, yan kök yapmamış, hastalık ve böcek zararları olmayan, çeşit özelliklerini gösteren, 2.0-3.5 cm çaplı, havuçlar tartılarak bulunmuştur.

Hasat edilen havuçların yenilebilir kısımlarından kalite parametrelerinin belirlenmesi için örnek alınmıştır. Buna göre her uygulamanın her tekerrüründe rastlantısal olarak 6 adet havuç olacak şekilde örneklemeler yapılmış, örnekler bolca çeşme suyu ve sonra saf sudan geçirilerek temizlenmiş, öğütülmüştür. Oransal su içeriğinin (w) bulunabilmesi için, elde edilen meyve püresinden alınan örnekler 70°C sabit sıcaklıkta 48 saat etüvde kurularak meyve kuru ağırlıkları (%) tespit edilmiş ve Noshadi vd. (2013)'e göre, oransal su içeriği $W = [(w_1 - w_2) / w_1] \times 100$ ($w_1 =$ taze ağırlık g, $w_2 =$ kuru ağırlık g) formülünden hesaplanmıştır.

Meyve suyunda suda çözünebilir kuru madde içeriği (%), refraktometre (Abbe-type refractometer, model 60/DR) ile ölçülmüştür (Tigchelaar, 1986). Toplam asitlik (%) ise aynı meyve suyunun 0.1 N NaOH ile titrasyonu sonucu belirlenmiştir. Şeker analizleri için Luff-Schoorl yöntemi kullanılmış ve havuç örneklerindeki indirgen şeker miktarı % olarak hesaplanmıştır (Gormley ve Maher, 1990). β -karoten içeriği Cemeroğlu (2010)'nun belirttiği yöntem ile saptanmıştır. Bu yöntemde; karotenoidler, analiz edilecek materyalden metanol ve petrol eter ile ekstrakte edilmiş, ekstraktaki karotenoidler fotometrik (Shimadzu UV-1208, Shimadzu Co., Kyoto, Japan) olarak 350-750 nm'de belirlenmiş, maksimum absorpsiyon değeri ile ekstaksiyon katsayısı 2500 alınarak β -karoten $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Örneklerde vitamin C (askorbik asit) içeriği ise Pierson (1970) tarafından tanımlanan spektrofotometrik diklorofenolindofenol yöntemi ile saptanmış ve $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak ifade edilmiştir.

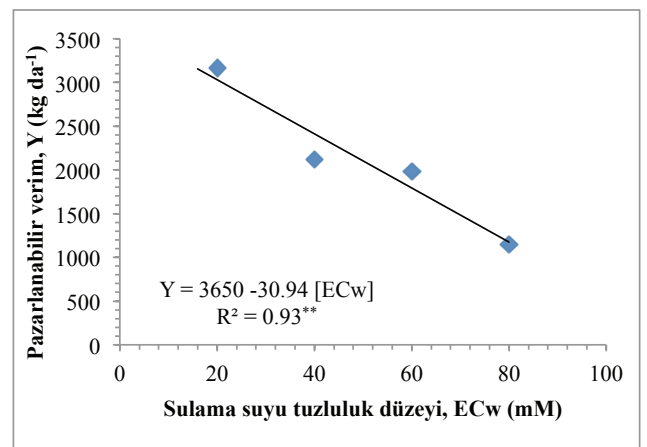
Sulama suyu tuzluluğu ile pazarlanabilir havuç

verimi ve toprak tuzluluğu arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla MS Excel hesap tabloları kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Havuçlardan elde edilen verim ve kalite parametrelerine ilişkin sayısal veriler varyans analizi ile değerlendirmeye tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile saptanmıştır. İstatistikî analizlerde bir paket program (IBM® SPSS® Statistics for Windows, Version 20.0, Copyright, 2011, IBM Corp., Armonk, NY) kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, sulama suyu tuzluluk düzeyi arttıkça pazarlanabilir havuç verimi azalmıştır. Benzer çalışmalarda, tuz stresinin havuç bitkilerinin verim değerlerini önemli miktarda azalttığı belirtilmiştir (Bakhsh vd., 2005; Fabre vd., 2011; Ünlükara vd., 2011; Kahouli vd., 2014). Sulama suyundaki farklı tuzluluk düzeyleri ile pazarlanabilir verim arasındaki ilişkinin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonunda, sulama suyu tuzluluğu ve pazarlanabilir verim arasında $Y = 3650 - 30.94[\text{ECw}]$ ($R^2 = 0.93$) ile tanımlanan doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şekil 1).

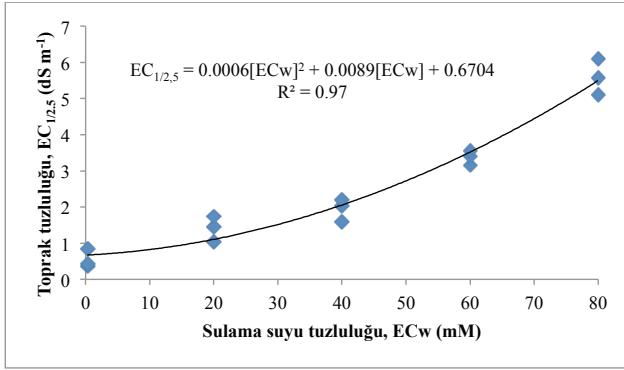
Ayrıca, sulama suyu tuzluluğu ile hasat sonu toprak tuzluluğu değerleri arasında $\text{EC}_{1/2.5} = 0.0006[\text{ECw}]^2 + 0.0089[\text{ECw}] + 0.6704$ ($R^2 = 0.97$) biçiminde 2. dereceden polinomiye bir eşitlik elde edilmiştir (Şekil 2). Bu eşitliğe göre, artan sulama suyu tuzluluğu ile toprakta biriken tuzluluk düzeyinin tedrici olarak artış gösterdiği, sulama suyu tuz konsantrasyonunun yüksek



Şekil 1. Havuç bitkisinde sulama suyu tuzluluğu ve pazarlanabilir verim ilişkisi

Figure 1. Relationship between irrigation water salinity and marketable yield of carrot plant

değerlerinde toprakta daha fazla tuz birikimi oluştuğu söylenebilir. Deneme konularının tümüne yetiştiricilik mevsimi genelinde eşit miktarda sulama yapılmış ve A sınıfı buharlaşma kabına dayalı olarak toplamda 97.1 lt lizimetre⁻¹ su verilmiştir. Ancak tuzluluğun daha yüksek olduğu konularda, tuzluluğun etkisiyle azalan bitki su tüketimi sonucu daha fazla oranda drenaj suyu çıkmıştır. Buna göre, T₀ + Ca₀, T₀ + Ca₄, T₀ + Ca₈, T₂₀ + Ca₀, T₂₀ + Ca₄, T₂₀ + Ca₈, T₄₀ + Ca₀, T₄₀ + Ca₄, T₄₀ + Ca₈, T₆₀ + Ca₀, T₆₀ + Ca₄, T₆₀ + Ca₈, T₈₀ + Ca₀, T₈₀ + Ca₄, T₈₀ + Ca₈ konuları için drene olan su miktarı sırası ile 14.0, 13.6, 13.0, 14.3, 13.7, 13.2, 16.2, 20.0, 19.8, 22.1, 21.8, 21.7, 32.8, 33.2 ve 32.9 lt lizimetre⁻¹ iken bitki su tüketimi değerleri 83.1, 83.5, 84.1, 82.7, 83.4, 83.9, 80.9, 77.1, 77.3, 75.0, 75.3, 75.4, 64.3, 63.9 ve 64.2 lt lizimetre⁻¹ olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Sulama suyu tuzluluğu ile toprak tuzluluğu arasındaki ilişki

Figure 2. Relationship between irrigation water salinity and soil salinity

Varyans analizi sonuçlarına göre, havuç veriminin 20 mM sulama suyu tuz konsantrasyonundan etkilenmediği, ancak bu noktadan sonra artan tuz konsantrasyonlarının pazarlanabilir verimi istatistikî olarak önemli miktarda düşürdüğü saptanmıştır (Çizelge 1). Bu araştırmadaki bulgulara paralel olarak, Gibberd vd. (2002) havuç veriminin 20 mM tuz konsantrasyonundan etkilenmediğini, ancak bu noktadan sonra artan tuz konsantrasyonlarının verimde kayıplara sebep olduğunu bildirmiştir.

Diğer taraftan, pazarlanabilir verim üzerine NaCl x Ca interaksiyonun etkisi istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Bu sonuç, tuzun pazarlanabilir havuç verimi üzerine olan negatif etkilerini azaltmada yapılan ek kalsiyum uygulamalarının etkili olmadığını göstermektedir. Bu bulgulara benzer sonuçlar,

marul genotiplerinde (Cramer ve Spurr, 1986) yapılan çalışmalardan da elde edilmiştir. Buna karşın, biber (*Capsicum annuum* L.) ve ıspanakta (*Spinacia oleracea* L.) tuzun verim üzerine olumsuz etkilerinin ilave kalsiyum uygulamaları ile azaltılabileceği saptanmıştır (Rubio vd., 2009).

Pazarlanabilir verim sonuçlarına benzer olarak, artan sulama suyu tuz konsantrasyonları havuç köklerindeki su miktarlarını istatistikî olarak önemli düzeyde etkilemiştir (Çizelge 1). Havuçlarda en yüksek su içeriği 0 ve 20 mM tuz içeren sulama suyu uygulamalarından elde edilirken, en düşük içerikler 40, 60, 80 mM tuz içeren sulama suları ile sulanmış havuç bitkilerinden elde edilmiştir. Benzer bir çalışmada, ıspanak (Renault vd., 2001) ve pırasada (Turhan vd., 2014a) su içeriğinin artan tuz konsantrasyonları ile birlikte azaldığı tespit edilmiştir. Öztürk (1997) meyve su içeriğindeki azalmayı, tuzun toksik etkileri nedeni ile bitkilerin daha az su almasına bağlamıştır. İlave kalsiyum uygulamaları yönüyle incelendiğinde, uygulamalar ile havuçların su içeriği arasında önemli istatistikî ilişkiler saptanmamıştır. Bununla birlikte, havuç köklerindeki su içeriği üzerine NaCl x Ca interaksiyonunun etkisi de önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 1'den de izlenebileceği gibi, suda çözünür kuru madde miktarları üzerine tuz uygulamalarının etkisi istatistikî olarak önemli bulunmuş ve en yüksek suda çözünebilir kuru madde miktarı 20 mM tuz uygulamasından elde edilmiştir. 20 mM üzerinde artan sulama suyu tuz konsantrasyonlarının söz konusu değerleri önemli miktarda düşürdüğü belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına paralel olarak bazı araştırmacılar, sulama suyu tuz konsantrasyonlarındaki artışın havucun suda çözünür kuru madde içeriğini azalttığını raporlamışlardır (Kahouli vd., 2014). Tuzun ortaya çıkardığı suda çözünür kuru madde miktarındaki kayıpları azaltmak için yapılan 4 ve 8 mM ilave kalsiyum uygulamalarının olumlu etkileri gözlenmiştir. Bu bağlamda, NaCl x Ca interaksiyonunun etkisi istatistikî yönden önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. 4 ve 8 mM ilave Ca uygulamaları karşılaştırıldığında, her iki uygulamanın etkileri benzer sonuçlar verirken (20 ve 60 mM NaCl uygulamaları), 0, 80 mM tuz konsantrasyonlu sulama sularına eklenen 8 mM kalsiyum, suda çözünür kuru madde içeriklerini küçük miktarda da olsa daha fazla artırdığı bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Havuçta, sulama suyu tuzluluğu ve ilave kalsiyum uygulamalarının pazarlanabilir verim, meyve su içeriği, suda çözünür kuru madde, toplam asitlik indirgen şeker, β -karoten ve vitamin C üzerine etkileri

Table 1. Effects on marketable yield, fruit juice content, water soluble dry matter, total acidity reducing sugar, β -carotene and vitamin C of irrigation water salinity and additional calcium applications in carrots

Uygulamalar	Pazarlanabilir verim (kg da ⁻¹)	Meyve su içeriği (%)	Suda çözünür kuru madde (%)	Toplam asitlik (%)	İndirgen şeker (%)	β -karoten (mg 100g ⁻¹)	Vitamin C (mg 100g ⁻¹)
T ₀ Ca ₀	3113.47	87.99	10.11 de	0.29 ab	2,27 c	5.87 e	6.31 e
T ₀ Ca ₄	3186.89	87.66	10.79 bc	0.26 bc	2,32 bc	6.08 d	6.92 c
T ₀ Ca ₈	3216.98	87.41	11.06 b	0.25 c	2,41 ab	6.00 de	6.30 e
T ₂₀ Ca ₀	3101.55	87.96	10.45 cd	0.21 d	2,36 bc	6.25 c	6.44 d
T ₂₀ Ca ₄	3181.77	87.02	11.90 a	0.16 efg	2,38 ab	7.22 b	7.70 a
T ₂₀ Ca ₈	3205.73	86.84	11.80 a	0.17 def	2,47 a	7.66 a	7.04 b
T ₄₀ Ca ₀	2069.25	82.95	9.95 e	0.18 de	1,41 ef	3.11 g	6.06 g
T ₄₀ Ca ₄	2142.50	82.23	8.66 f	0.15 efg	1,49 de	4.41 f	6.31 e
T ₄₀ Ca ₈	2152.73	81.76	8.48 fg	0.13 h	1,55 d	4.37 f	6.20 f
T ₆₀ Ca ₀	1978.00	80.22	8.11 g	0.31 a	1,38 f	3.06 g	5.20 j
T ₆₀ Ca ₄	1991.50	79.68	8.19 g	0.15 efg	1,35 f	3.15 g	5.57 i
T ₆₀ Ca ₈	1976.25	80.04	8.14 g	0.15 efg	1,38 f	3.11 g	5.65 h
T ₈₀ Ca ₀	1172.93	78.03	7.61 h	0.26 bc	0,75 gh	2.81 h	5.18 j
T ₈₀ Ca ₄	1128.07	78.69	8.05 gh	0.14 gh	0,71 h	2.81 h	5.61 hi
T ₈₀ Ca ₈	1139.73	78.48	8.17 g	0.12 h	0,83 g	2.83 h	5.69 h
<i>NaCl (mM)</i>							
0	3172.44 a	87.68 a	10.65 b	0.27 a	2.33 b	5.98 b	6.51 b
20	3163.02 a	87.27 a	11.39 a	0.18 c	2.40 a	7.04 a	7.06 a
40	2121.49 b	82.31 b	9.03 c	0.15 d	1.48 c	3.96 c	6.19 c
60	1981.92 c	79.98 c	8.14 d	0.20 b	1.37 d	3.11 d	5.47 d
80	1146.91 d	78.40 d	7.95 d	0.17 c	0.76 e	2.82 e	5.49 d
<i>Ca (mM)</i>							
0	2287.04	83.43	9.25 b	0.25 a	1.63 b	4.22 b	5.84 c
4	2326.15	83.06	9.52 a	0.17 b	1.65 b	4.73 a	6.42 a
8	2338.28	82.91	9.53 a	0.17 b	1.73 a	4.79 a	6.17 b
NaCl	**	**	**	**	**	**	**
Ca	ns	ns	**	**	**	**	**
<i>NaCl x Ca</i>	ns	ns	**	**	**	**	**

*. ** Sırasıyla p ≤ 0.05 ve 0.01 düzeyinde önemli; ns: önemsiz

Ana etkiler için aynı kolonda yer alan ve aynı harfle belirtilen ortalama değerler %5 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.

Havuç köklerinin tadını etkileyen en önemli içerik şeker miktarıdır, en yaygın olarak bulunan şekerler ise fruktoz-glikoz (indirgen şeker) ve sakarozdur (Alasalvar vd., 2001; Lee vd., 2011). Havuç köklerinde yapılan indirgen şeker analiz sonuçlarına göre, şeker içerikleri

ile tuz konsantrasyonları arasında negatif, kalsiyum uygulamaları arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 1). Havuç bitkilerinde en yüksek indirgen şeker içerikleri 20 mM uygulamasından elde edilmiştir. Buna karşın, 20 mM üzerinde artış gösteren sulama suyu

tuz konsantrasyonları indirgen şeker içeriklerini önemli miktarda düşürmüştür. İndirgen şeker içeriklerindeki bu kayıplar ilave kalsiyum uygulamaları ile bir miktar telafi edilebilmiştir. Nitekim NaCl x Ca interaksiyonu önemli bulunmuştur. 8 mM ilave kalsiyum uygulanmış havuçların indirgen şeker içeriklerinin 4 mM kalsiyum uygulamış havuçlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (0, 20, 40 ve 80 mM). Bu da, tuzun olumsuz etkilerinin azaltılmasında 8 mM ilave kalsiyum uygulamalarının daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu araştırmadan elde edilen bulgulara paralel olarak, Turhan vd. (2014b) sarımsak başlarında tuz stresinin şeker içeriğini düşürdüğünü, Rausch vd. (1996) ile Martinez-Ballesta vd. (2000) ise tuz stresinin olumsuz etkilerinin ilave kalsiyum uygulamaları ile azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Şeker yanında meyve asit içerikleri de tadı belirleyen en önemli karakteristikler içerisinde (Rodica vd., 2008). Bu çalışmada, havuç köklerinin toplam asit içerikleri üzerine tuz konsantrasyonları ve kalsiyum uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 1). En yüksek asit içeriği 0 mM uygulamasında elde edilirken, sulama suyu tuz konsantrasyonlarındaki artış ile önemli miktarda azalma göstermiştir. Asit içeriklerindeki bu azalmalar 60 mM'dan sonra tekrar artma eğilimine girmiştir. Petersen vd. (1998) domateste tuzluluğun meyve organik asit miktarını arttırdığını, buna karşın Rubio vd. (2009) tuzlu koşullarda yetiştirilen biberde meyve kalitesinin kalsiyum uygulamalarından etkilenmediğini bildirmişlerdir. NaCl x Ca interaksiyonuna göre görece daha yüksek değerler 4 mM kalsiyum uygulamalarından elde edilmiştir .

Havuçların kendine özgü renkleri karotenoidlerden kaynaklanmaktadır (Rouseff ve Nagy, 1994) ve havuçlarda karotenoidlerin %80'lik kısmı β -karoten'den oluşmuştur (Jeszka, 1997). Havuç zengin bir β -karoten kaynağıdır (Sharma vd., 2012). Bu çalışmada, tuz ve kalsiyum uygulamaları ile havuçlarda β -karoten içerikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çizelge 1'de yer alan istatistikî analiz sonuçlarından da anlaşılacağı gibi, tuz ve ilave kalsiyum uygulamalarının yanı sıra NaCl x Ca interaksiyonunda β -karoten içerikleri üzerine etkisi istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Havuçlarda β -karoten içerikleri 20 mM tuz konsantrasyonuna

kadar artış göstermiş, bu değer üzerinde artan sulama suyu tuz konsantrasyonları β -karoten içeriklerini önemli miktarda azaltmıştır. İlave kalsiyumun olumlu etkileri 0, 20 ve 40 mM tuz uygulamalarında görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara paralel olarak, daha önce yapılan benzer bir çalışmada artan NaCl konsantrasyonlarının nane (*Amarantus polygamus* L.) bitkisinin β -karoten içeriklerini azalttığı raporlanmıştır (Ratnakar ve Rai, 2013).

Değişik tuzluluk düzeylerindeki sulama sularının havuç köklerinin Vitamin C içerikleri üzerine önemli istatistikî etkisinin olduğu Çizelge 1'den de izlenebilmektedir. 20 mM tuzluluk düzeylerine kadar artış gösteren Vitamin C içerikleri, 40 mM ve üzerinde artan tuz konsantrasyonları ile önemli miktarda azalma göstermiştir. Benzer bulgular havuç için Tang vd. (2013) ve marul için (*Lactuca sativa* L. cv. Funly) Turhan vd. (2014c) tarafından raporlanmıştır. Kim vd. (2008) ile Gautier vd. (2010) ise domates meyvelerindeki Vitamin C içeriklerinin artan tuz konsantrasyonlarının etkisi ile yükseldiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, tuzluluğun zararlı etkilerinin azaltılmasına yönelik yapılan ilave kalsiyum uygulamalarından olumlu sonuç alınmış, kalsiyum uygulamalarının etkisi yanında NaCl x Ca interaksiyonu da istatistikî olarak önemli bulunmuştur. En yüksek Vitamin C içeriği 20 mM tuz ve 4 mM Ca uygulanmasından elde edilmiştir. 4 mM ve 8 mM kalsiyum uygulamaları karşılaştırıldığında, 4 mM kalsiyum uygulamasının havuçların vitamin C içerikleri üzerine olumlu etkilerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu olumlu etkiler özellikle 0, 20 ve 40 mM tuz içeren sulama suları ile sulanan havuçlarda daha belirgindir.

Sonuçlar

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; artan sulama suyu tuz konsantrasyonları havuç bitkilerinin verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Havuç yetiştiriciliğinde kullanılacak sulama sularının tuzluluk sınırı 20 mM olmalıdır. Bu düzeyin üzerinde artan sulama suyu tuz konsantrasyonları verim ve kalitede önemli miktarda kayıplara sebep olacaktır. Kalsiyumlu gübre uygulamalarının, tuzlu koşullarda yetiştirilen havuç bitkilerinin bazı kalite özelliklerine (suda çözünür kuru madde, indirgen şeker, β -karoten, vitamin C) olumlu etkilerinin

olabileceği görülmüştür. Tuzun pazarlanabilir verim üzerine olan negatif etkilerini azaltmada yapılan ilave kalsiyum uygulamalarının etkili olmadığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Al-Karakı GN (2000). Growth, water use efficiency and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *J. Plant Nutr.* 23(1): 1–8.
- Alasalvar C, Grigor JM, Zhang D, Quantick PC, Shahidi F (2001). Comparison of volatiles, phenolics, sugars antioxidant vitamins and sensory quality of different colored carrot varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, pp: 1410–1416.
- Akat H, Özzambak ME (2013). Örtü altı tuzlu koşullarda yetiştirilen *Limonium siniatum* bitkisinde kalsiyum uygulamalarının stres parametreleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1): 48–58.
- Bakhsh K, Ashfaq M, Waqasalam M (2005). Effects of poor quality of ground water on carrot production: a comparative study. *Journal of Agriculture and Social Sci.* 1:38–40.
- Caines AM and Shennan C (1999). Interactive effects of Ca²⁺ and NaCl salinity on the growth of two tomato genotypes differing in Ca²⁺ use efficiency. *Plant Physiol. Biochem.*, 37: (7/8): 569–576.
- Cemeroğlu B (2010). Gıda analizleri. *Gıda ve Teknolojisi Derneği Yayınları*. No:34 s.148–149.
- Cramer GR, Spurr AR (1986). Responses of lettuce to salinity. I. Effect of NaCl and Na₂SO₄ on growth. *J. Plant Nutr.* 9: 115–130.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara M (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*. 20(3): 118–125.
- Fabre R, Duval M, Jeannequin B (2011). Influence de la salinité sur la qualité gustative et le rendement de tomates greffées cultivées hors-sol sous serre chauffée dans le sud de la France. *Cah. Agric.*, 20: 266–273.
- Fenn LB, Taylor RM, Binzel MI, Burks CM (1991). Calcium stimulation of ammonium absorption in onion. *Agron. J.* 83: 840–843.
- Gautier H, Lopez-Lauri F, Massot C, Murshed R, Marty I, Sallonon H (2010). Impact of ripening and salinity on tomato fruit ascorbate content and enzymatic activities relate to ascorbate recycling. *Funct. Plant Sci. Biotechnol.* 4: 66–75.
- Gibberd MR, Turner NC, Storey R (2002). Influence of saline irrigation on growth, ion accumulation and partitioning, and leaf gas Exchange of carrot (*Daucus carota* L.). *Annals of Botany*, 90: 715–724.
- Gormley TR, Maher MJ (1990). Tomato fruit quality an interdisciplinary. *Professional Horticulture*, 4: 7–12.
- Grattan SR and Grieve CM (1999). Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78:127–157.
- Hasegawa PM, Bressan RA, Pardo JM (2000). The dawn of plant salt to tolerance genetics. *Trends in Plant Sci.* 5: 317–319.
- Jeszka WJ (1997). Food Colorants. Chemical and functional properties of food components. Technomic Publishing Company, Lancaster, 293 p.
- Kahouli B, Borgi Z, Hannachi C (2014). Study of the tolerance of ten accessions of carrot (*Daucus carota* L.) to salinity. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 3:18–27.
- Kara T (2002). Irrigation scheduling to prevent soil salinization from a shallow water table. *Acta Horticulture*, 573: 139–151.
- Khayyat M, Tafazoli E, Eshghi S, Rahemi M, Rafae S (2007). Salinity, supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 2(5): 539–544.
- Kim HJ, Fonseca JM, Kubota C, Kroggel M, Choi JH (2008). Quality of fresh-cut tomatoes as affected by salt treatment in irrigation water and post-processing ultraviolet-treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(11): 1969–1974.
- Kwiatowsky J (1998). Salinity Classification, Mapping and Management in Alberta. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>
- Lahaye PA and Epstein E (1971). Calcium and salt toleration by bean plants, *Physiol. Plant.* 25: 213–218.
- Lee EJ, Yoo KS, Patil BS (2011). Total carotenoid, anthocyanin, and sugar contents insliced or whole purple (cv. Betawee) and orange carrots during 4 weeks cold storage. *Horticulture, environment and Biotechnology*, 52(4): 402–407.
- Martinez-Ballesta M, Martinez V, Carvajal M (2000). Regulation of water channel activity in whole roots of melon plants grown under saline conditions. *Aust. J. Plant*, 27: 685–91.
- Munns R (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239–250.
- Navarro JM, Botella MA, Cerdá A, Martinez V (2000). Effect of salinity x calcium interaction on cation balance in melon plants grown under two regimes of orthophosphate. *J. Plant Nutr.* 23: 991–1006.
- Noshadi M, Fahandej S, Sepaskhah AR (2013). Effects of salinity and irrigation water management on soil and tomato in drip irrigation. *International Journal of Plant Production*, 7(2): 1735–8043.
- Öztürk A (1997). Sulama suyu tuzluluğu ve taban suyu derinliğinin havuç bitkisinin bazı özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 3(1): 54–58.
- Petersen KK, Willumsen J, Kaack K (1998). Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different sources. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73: 205–215.
- Pierson D (1970). *The Chemical Analysis of Food*. Auxil, London.
- Ratnakar A, Rai A (2013). Effect of NaCl salinity on β-carotene, thiamine, riboflavin and ascorbic acid contents in the leaves of *Amaranthus polygamous* L. Var. 'PusaKirti'. *Oct. Jour. Env. Res.* 1(3): 211–216.

Rausch T, Kirsch M, Lfiw R, Lehr A, Viereck R, Zhigang A(1996). Salt stress responses of higher plants: the role of proton pumps and Na⁺/H⁺ antiporters. In: Lichtenthaler HK, ed. Vegetation stress. Journal of Plant Physiology, 148: 425–33.

Reid RJ and Smith A (2000). The limits of sodium/calcium interactions in plant growth. Aust. J. Plant Physiol. 27: 709–715.

Renault S, Croser C, Franklin JA, Zwiazek JJ (2001). Effects of NaCl and Na₂SO₄ on red-osier dogwood (Cornus stolonifera Michx) seedlings. Plant Soil, 233: 261–268.

Renault R. and M. Affifi (2009). Improving NaCl resistance of red-osier dogwood: role of CaCl₂ and CaSO₄. Plant Soil, 315:123–133.

Rhoades JD, Kandiah A. and Mashali AM (1992). The Use of sahne waters for crop production. FAO kr. and Drain. Paper, Rome, 48:1-133.

Rodica S, Apahidean SA, Apahidean M, Manitiu L, Paulette L (2008). Yield, physical and chemical characteristics of greenhouse tomato. 1092 Afr. J. Agric. Res. Grown on Soil and Organic Substratum. 43rd Croatian and 3rd Int. Symposium on Agric. Opatija. Croatia. pp. 439–443.

Rouseff RL, Nagy S (1994). Health and nutritional benefits of citrus fruits components. Food Technol. 11: 125–132.

Rubio JS, Garcia-Sanchez F, Rubio V, Martinez (2009). Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization. Scientia Horticulturae, 119: 79–87.

Sharma DT, Karki S, Thakur NS, Attri S (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review. J. Food Sci. Technol. 49(1):22–32.

Tang H, Hu H, Ye M, Jin H, Lin X (2013). Effects of soil salinity on the quality of carrot. Subtropical Plant Science, 42(2): 113–116.

Tigchelaar EC (1986). Tomato breeding. In: Basset M.J. (ed.) Breeding Vegetables Crops, Westport, USA, pp. 135–170.

Turhan A, Kuşçu H, Özmen N(2014a). Farklı tuzluluk düzeylerindeki sulama sularının pırasada verim ve bazı kalite parametrelerine etkisi. 10. Sebze Tarımı Sempozyumu. Bildiriler (I): 131–136. 2–4 Eylül 2014, Tekirdağ.

Turhan A, Kuscu H, Ozmen N, Demir AO (2014b). Farklı tuzluluk düzeylerinin sarımsakta (Allium sativum L.) verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. Journal of Agricultural Sciences, 20: 280–287.

Turhan A, Kuscu H, Ozmen N, Serbeci MS, Demir AO (2014c). Effect of different concentrations of diluted seawater on yield and quality of lettuce. Chilean Journal of Agricultural Research, 74(1): 111–116.

Ünlükara A, Cemek B, Kesmez D, Öztürk A (2011). Carrot (Daucus carota L.): yield and quality under salinity conditions. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 26(1): 51–56.

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.

Zhu JK (2001). Plant salt tolerance. Trends Plant Sci., 6: 66- 71.