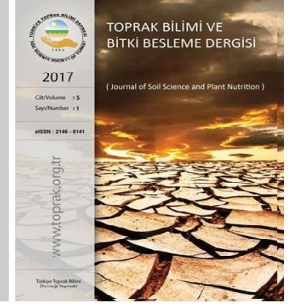




TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Topraksız kültürde CaCl_2 uygulamasının NaCl stres şartlarında yetiştirilen domates bitkisinin makro ve mikro besin element kapsamına etkileri

Ahmet Korkmaz *, Arife Karagöl, Güney Akınoğlu, Ayhan Horuz

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Özet

Bu çalışmanın amacı, topraksız kültürde CaCl_2 uygulamasının artan NaCl tuzu stres şartlarında yetiştirilen domates bitkisinin yaprağında bazı makro ve mikro besin element kapsamına etkilerini belirlemektir. Çalışmada, NaCl 'ün üç (0, 44,4 ve 70,4 mM) ve CaCl_2 'ün üç (0, 6,8 ve 16,8 mM) dozunu içeren 9 farklı besin çözeltisi, 3x3 faktöriyel desenine göre üç tekerrürlü olacak şekilde 770 g 1:1 torf:perlit karışımı içeren 3 litrelik saksılara uygulanmıştır. Her saksıya bir domates (Tybiff Aq Tohum çeşidi) fidesi dikilmiştir. Hasatta alınan yaprak örneklerinde N, P, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu ve B analizleri yapılmıştır. NaCl 'ün 70,4 mM dozu yaprakta azot ve fosfor kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Yaprakta azot ve fosfor kapsamı NaCl seviyelerine bağlı olarak değişmiş; CaCl_2 'nin etkisi önemli bulunmamıştır. Yaprakta magnezyum kapsamına NaCl ve CaCl_2 'ün etkileri önemli olup, her ikisinin de dozları arttıkça yaprakta magnezyum kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. CaCl_2 'nin 0 ve 70,4 mM seviyelerinde NaCl dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede azalma göstermiş, buna karşın CaCl_2 'ün 6,8 mM seviyesinde NaCl dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede artmıştır. Ayrıca NaCl 'nin 0 ve 44,4 mM dozlarında CaCl_2 dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. CaCl_2 'nin yaprak demir kapsamına etkisi önemsiz olmakla birlikte; 44,4 mM NaCl dozunda yaprak demir kapsamını önemli derecede arttırmıştır. NaCl ve CaCl_2 dozları arttıkça yaprakta mangan kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. NaCl ve CaCl_2 'ün yaprak çinko kapsamına etkileri önemli bulunmamıştır. Yaprak bakır kapsamını CaCl_2 önemli derecede azaltmış, fakat NaCl önemli derecede etkilememiştir. Yaprak bor kapsamı NaCl 'nin 0 seviyesinde CaCl_2 dozu arttıkça önemli derecede azalmış, buna karşın 70,4 mM NaCl seviyesinde CaCl_2 dozu arttıkça önemli derecede artmıştır. Genel olarak NaCl dozu arttıkça yaprak bor kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates, katı ortam kültürü, NaCl , CaCl_2 , besin kapsamı.

Effects of CaCl_2 application on macro and micro nutrient contents of tomato plant grown under NaCl stress conditions in soilless culture

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of CaCl_2 application on some macro and micro nutrient contents in leaves of tomato plant grown under increasing NaCl salt stress conditions in soilless culture. In the study, 9 different nutrient solutions including three doses of NaCl (0, 44.4 and 70.4 mM) and three doses of CaCl_2 (0, 6.8 and 16.8 mM) were applied to 3-liter pots having 770 g of peat:perlit mixture according to 3x3 factorial experimental design with three replicates. A tomato (Tybiff Aq seed variety) seedling was planted in each pot. Analysis of N, P, Mg, S, Fe, Mn, Zn and Cu, B were done in the leaf samples taken at the harvest. NaCl at 70.4 mM level significantly increased the content of nitrogen and phosphorus in tomato leaves. The effects of CaCl_2 on the content of nitrogen and phosphorus in tomato leaves were not significant and not changed by the levels of NaCl . The effects of NaCl and CaCl_2 on the leaf magnesium content were significant and the leaf magnesium content decreased significantly with increasing the doses of both of them. As the doses of NaCl at 0 and 70.4 mM levels of CaCl_2 increased, the sulfur contents of the leaves significantly reduced; on the other hand the increment of NaCl at 6.8 mM level of CaCl_2 significantly increased the sulfur content of the leaves. Furthermore, the sulfur content of the leaf significantly decreased as the CaCl_2 dose increased at 0 and 44.4 mM level of NaCl doses. Although effect of CaCl_2 on leaf iron content is insignificant, it was significant at 44,4 mM NaCl level. As the doses of NaCl and CaCl_2 increased, leaf manganese content decreased significantly. The effects of NaCl and CaCl_2 on leaf zinc content were not found significant. The leaf copper content was significantly reduced by CaCl_2 , but NaCl did not significantly affect the copper content of the leaves. The effect of CaCl_2 on the leaf boron content differentiated depend on the NaCl doses. Leaf boron content increased significantly with increasing CaCl_2 dose at 0 mM level of NaCl ; on the other hand, the leaf boron content decreased significantly with increasing CaCl_2 dose at 70,4 mM level of NaCl dose. In general, as NaCl doses increased, the leaf boron content decreased significantly.

Keywords: Tomato, solid media culture, NaCl , CaCl_2 , nutrient content.

© 2017 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Tel.: 0(246) 211 85 91

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: akorkmaz@omu.edu.tr

Giriş

Olumsuz etkileri bulunmakla birlikte yüksek EC'li besin çözeltileri uygulamalarıyla özellikle domates yetiştiriciliğinde dikim sonrasında vejetatif ve generatif gelişmeyi dengeleyerek meyve tutumunu teşvik etmek, ayrıca meyve kalitesini artırmak amacıyla faydalanılmaktadır. Tuz stresinin domates meyvelerinde şeker, organik asit, kuru madde ve antioksidan içeriğini artırdığı, meyvelerin homojen bir şekilde kızarmasını sağladığı bilinmektedir. Bu nedenle topraksız tarım tekniği ile domates yetiştiriciliğinde meyve kalitesini artırmak için besin çözeltilerinin EC'sini artırma yoluna gidilmektedir. Bu işlem (i) besin çözeltilerine ilave edilen gübre miktarını artırma veya (ii) besin çözeltilerine tuz (NaCl) ilave etme şeklinde gerçekleştirilmektedir. İkinci yol, daha ucuz olduğundan daha fazla tercih edilmektedir (Gül, 2012). Topraksız yetiştiricilikte domatesin besin çözeltilerinde tavsiye edilen tuzluluk düzeyi iki zıt etkinin arasında kalarak karar verilmelidir. Domates için uygun tuzluluk düzeyi normal besin çözeltilerinde 2.6 dS/m olan elektriksel iletkenlik değerini 3.5-3.7 dS/m değerlerine yükseltecek şekilde besin çözeltilerine tuz ilavesiyle ayarlanması gerektiği belirtilmiştir (Sonneveld ve Straver, 1994). Bitkilere uygulanan besin çözeltilerinin EC'sinin yüksek olması durumunda ise bitkiler tuz stresine maruz kalırlar. Tuz stresi; değişik tuzların gelişme ortamında bitkinin büyümesini engelleyebilecek konsantrasyonlarda bulunması olarak tanımlanmıştır. Bitkiler tuz stresinden iki şekilde etkilenmektedir.

1) Osmotik etki; ortamda tuz miktarının artması sonucu osmotik basıncın artması ve ortamda su potansiyelinin düşmesi ve köklerin su alımının engellenerek bir çeşit kuraklık stresine sebep olmasıdır.

2) Toksik etki; tuz iyonlarının yüksek konsantrasyonlarda olması halinde bitkide toksik etkiler görülür. Özellikle Na iyonu bitkilerde fazla alındığında mitoz bölünmesi ve bazı enzimlerin aktiviteleri engellenerek bitki gelişimi ve büyümesi önemli derecede sınırlanır (Kocaçalışkan, 2003; Kuşvuran, 2010).

Cerda ve ark. (1995), bitki gelişmesi üzerinde tuzun zararlı etkisinin iyonik dengesizlikten özellikle Ca^{2+} ve K^{+} dengesizliğine sebep olduğundan ileri geldiğini bildirmişlerdir. Bazı orman ağaç türlerinde Cl^{-} iyonunun Na^{+} 'dan daha toksik olduğu bildirilmiştir (Shannon ve ark., 1994). Tuzlu besin çözeltilerinde Na^{+}/Ca^{2+} ve Na^{+}/K^{+} oranlarının yüksek olması halinde membran geçirgenliğinin arttığı, köklerde ve gövde + yaprakta Na^{+} ve Cl^{-} 'ün biriktiği belirtilmiştir (Lutts ve ark., 1996). Tuzluluk, bitkiler üzerindeki doğrudan etkisini osmotik ve iyon stresi oluşturarak gösterirken, dolaylı etkisini (sekonder etki) bu stres faktörleri sonucu bitkide meydana gelen yapısal bozulmalar ve toksik bileşiklerin sentezlenmesi ile gösterir. NaCl'ün sebep olduğu başlıca sekonder etkileri; DNA, protein, klorofil ve zar fonksiyonuna zarar veren aktif oksijen türlerinin (AOT) sentezi; fotosentezin inhibisyonu; metabolik toksite; K alımının engellenmesi ve hücre ölümü olarak sayılabilir (Botella ve ark., 2005; Hong ve ark., 2009). Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri; bitkinin çeşidine, uygulanan tuz çeşidi ile miktarına ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişmektedir. Tuzlu ortamlarda bitkiler genotipik farklılıklara bağlı olarak çok farklı cevap verirler (Dajic, 2006). Tuzluluğa karşı verilen bu farklı büyüme cevapları sadece farklı iki bitki türü için değil aynı türün farklı çeşitleri için de geçerlidir (Munns, 2002a). Tuzluluğun negatif etkisini ortadan kaldırmak için gelişme ortamına düzenleyici madde olarak Walker ve Bernal (2004, 2008), organik madde uygulamalarını, Frechilla ve ark. (2001), azot gübrelemesini, Tuna ve ark. (2007), Ca uygulamasını, Türkmen ve ark. (2000), K uygulamasını önermişlerdir. Hüyük maddelerin en önemli fonksiyonel gruplarının karboksil, fenol, hidroksil, alkol, alkolik hidroksil, keton ve kinoid olduğu belirtilmiştir (Russo ve Berlyn, 1990). Hüyük maddelerin bitki çimlenmesini ve gelişmesini teşvik ettiği bildirilmiştir (Dell'Amico ve ark., 1994; Garcia ve ark., 1992). Son yapılan çalışmalar, domatesin kök bölgesinde kalsiyum seviyesinin düşük olması vejetatif gelişmeyi nadiren kısıtlayıcı bir faktördür (Del Amor ve Marcelis, 2006), yine de domatesin kalsiyum beslenmesi özel bir dikkat gerektirir. Çünkü bu besin fizyolojik bir bozukluk olan çiçek burnu çürüklüğü oluşumu ile yakından ilgilidir. Çiçek burnu çürüklüğü domates meyvesinin uç kısımlarındaki kalsiyumun lokal olarak noksan

oluşundan meydana gelir ve bu alanlarda kalsiyum eksikliği dokunun yapısının bozulmasına neden olur (Adams, 2002). Çiçek burnu çürüklüğü dolayısıyla meyvenin kalitesini ve pazarlanabilirliğini azaltır (Ho ve ark., 1993; Grattan ve Grieve, 1999). Çeşit dahil değişik faktörler, kök bölgesinde kalsiyum, amonyum, potasyum, magnezyum, tuz ve su stresi, oksijen yarıyışlılığı, havanın nispi rutubeti, havanın sıcaklığı bu çiçek burnu çürüklüğünün oluşumunu artırabilir ya da azaltabilir (Saure, 2001; Navarro ve ark., 2005). Arshi ve ark. (2006), kalsiyumun esansiyel bitki besin elementi olduğunu, metabolik aktivitede membran stabilizasyonunu, sekonder mesajda sinyali sağlayan ve enzim aktivitesini kontrol eden bir element olduğunu belirtmişlerdir. Ca bitkilerde iyon taşınımını düzenleyerek tuzluluğun zararlı etkisinin önlenmesine yardımcı olan ve K/Na ve Ca/Na seçiciliği için gerekli bir elementtir (Renault, 2005). NaCl'ün zararlı etkisinin önlenmesinde Ca'un etkili olduğu birçok bitki türlerinde tespit edilmiştir (Tuna ve ark., 2007; Mellgar ve ark., 2006; Arshi ve ark., 2006). Gelişme ortamına kalsiyum verilmesi halinde K/Na seçiciliğini kolaylaştırarak ve bu oranı artırarak NaCl toksitesinin önlenildiği bildirilmiştir (Liu ve Zhu, 1998; Abdel Latef, 2011). Knight ve ark. (1997), yüksek tuzun kalsiyumun, apolasttan ve intrasellüler kompartımanlardan taşınarak, hücrenin sitosolünde artmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Kaya ve ark. (2002), kalsiyum ilavesiyle tuzluluğun membran geçirgenliğinde sebep olduğu artış azalma eğilimi göstermiştir. Yüksek NaCl seviyesinde bitkilerin kalsiyum kapsamalarının noksanlık sınırları içerisinde olduğunu, bu noksanlığın Ca ilavesiyle giderildiğini de bildirilmiştir. Ehret ve ark. (1990), tuzluluğun bitkiler üzerinde ki olumsuz etkisinin kalsiyum uygulamalarıyla önlenildiğini, Cramer ve ark. (1986), tuzlu şartlarda bitki metabolizmasında kalsiyumun düzenleyici rol oynadığını, sodyumun hücre zarında Ca iyonu ile rekabet oluşturduğunu, bu yüzden ortamda yüksek kalsiyum düzeylerinin tuzluluğun olumsuz etkisinden hücre membranını koruduğunu bildirmişlerdir (Busch, 1995). Jaleel ve ark. (2007), K^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} 'un bitkide Na^+ kapsamını azalttığını, ayrıca NO_3^- 'in ise bitkide Cl^- kapsamını azalttığını bildirmişlerdir. Jaleel ve ark. (2008), NaCl ile birlikte $CaCl_2$ uygulandığında antioksidan enzim aktivitesini artırarak $CaCl_2$ tuzunun sebep olduğu oksidatif stresi kısmen düzelttiğini bildirmişlerdir. Tuzun bitki gelişimi üzerindeki etkilerini azaltmak için temel yaklaşımlardan biri mineral besin ilavesi olup özellikle Ca ilavesinin glükofitlerde tuzun bitki gelişimi üzerindeki kötü etkisinin ortadan kaldırılmasında önemli rol oynadığı bildirilmektedir (Yan ve ark., 1992). Kalsiyum membran yüzeylerinde çeşitli protein ve lipitlerle bağ oluşturarak hücre membranlarını stabilize eder, hücre pH'sını etkiler, hücreyi korur (Hirschi, 2004). Kalsiyum, sodyuma maruz kalmış bitkilerde dengeyi sağlayarak potasyum taşınımını ve K/Na oranının düşmesini önler. Bitki gelişimi üzerinde Na ile K arasında önemli interaksyonun olduğu bildirilmiştir (Rengel, 1992). Substrat ortamında yeterli kalsiyumun bulunması durumunda Na alımının zararı yönünde K alımını iyileştirerek K/Na seçiciliğinin potasyum lehine etkilendiği ifade edilmiştir (Grattan ve Grieve, 1999). Büyüme ve gelişme için gerekli temel elementlerden bir diğeri de Ca^{+2} iyonudur. Tuz stresi, K^+ gibi Ca^{+2} alımını da olumsuz etkilemektedir. Na^+ , hücre zarında ki Ca^{+2} ile yer değiştirerek zarın apoplast kısmında Na^+/Ca^{+2} iyon oranının artmasını sağlar. Bu durumda zarın fizyolojik ve fonksiyonel yapısı bozulur ve hücrenin Ca^{+2} dengesi etkilenir. Yüksek Na^+ konsantrasyonu; hücrenin iç zar yapılarında bağlı halde bulunan Ca^{+2} 'ların serbest hale geçerek içsel Ca^{+2} depolarının boşalmasına ve hücrede serbest Ca^{+2} 'un artışına neden olur (Yokoi ve ark., 2002). Gelişme ortamına Ca^{+2} verilmesi halinde K^+/Na^+ seçiciliği kolaylaştırılarak NaCl toksitesinin bitkilerde önlenildiği bildirilmiştir (Liu ve Zhu, 1998; Abdel-Latef, 2011). Grattan ve Grieve (1994), bitkileri NaCl toksitesinden korumak için bitkilerin Ca^{+2} seviyelerinin artırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Yazarlar ayrıca bitkinin tuza dayanıklılığını artırmak için Ca^{+2} iyon konsantrasyonunun optimum seviyede olmasının önemini belirterek tuzlu şartlarda bitkinin iyi yetişebilmesi için bitki kökleri üzerinde Ca^{+2} 'un koruyucu etkiye sahip olduğunu da bildirmişlerdir. Tuzlu fide yetiştirme koşullarının domateste fide çıkışı ve gelişimi üzerine kalsiyum uygulamalarının etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla iklim odası koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülen çalışmada, fide yetiştirme ortamına 0, 25, 50 ve 100 mmol/L NaCl ve 0, 100, 200 ve 400 mg/kg Ca^{+2} dozlarının kombinasyonları uygulanmıştır. Denemede çıkış oranı ve süresi, gerçek yaprak görünme süresi, hipokotil boyu, kotiledon boyu ve genişliği, sürgün ve kök uzunluğu,

sürgün ve kök yaş ağırlığı ile sürgün ve kök kuru madde oranına tuz ve kalsiyum dozlarının etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre artan dozlarda tuz uygulamaları yapılan ölçüm ve gözlemlerde genel olarak önemli ve çok önemli düzeylerde olumsuz etki yaparken, artan kalsiyum dozlarının etkileri olumlu fakat genel olarak önemsiz düzeyde bulunmuştur (Türkmen ve ark., 2002).

Bu çalışmanın amacı artan NaCl tuzu stres şartlarında topraksız kültürde yetiştirilen domates bitkisi yaprağında bazı makro ve mikro besin element kapsamlarına CaCl₂ uygulamasının etkilerini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

NaCl'ün 0, 44.4 ve 70.4 mM dozlarında, 0, 6.8 ve 16.8 mM CaCl₂ ilave edilerek 9 farklı besin çözeltisi hazırlanmıştır. Deneme 3x3 faktöriyel deseninde planlanmış ve konular üç tekerrürlü uygulanmıştır. 1:1 torf: perlit karışımı 3 litrelik saksılara 770 gram konulmuştur. Her saksıya bir domates (Tybiff Aq Tohum çeşidi) fidesi dikilmiştir. Denemede makro ve mikro besin elementi içerikli çözelti her gün dikimden çiçeklenme dönemine kadar 100 ml; çiçeklenmeden hasada kadar ise 200 ml uygulanmıştır. Kullanılan besin çözeltisinin makro ve mikro element içerikleri aşağıda verilmiştir:

11.1 mM NO₃⁻; 0.87 mM H₂PO₄⁻; 6.37 mM K⁺; 2.8 mM Ca⁺²; 1.71 mM Mg⁺²; 1.71 mM SO₄⁻²; 2.5 mg/L Fe; 0.5 mg/L Mn; 0.5 mg/L B; 0.02 mg/L Cu; 0.05 mg/L Zn; 0.01 mg/L Mo'dır. Bu besin çözeltisini hazırlamak için Ca(NO₃)₂.4H₂O, KH₂PO₄, KNO₃, MgSO₄.7H₂O, MnCl₂.2H₂O, H₃BO₃, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O, (NH₄)₆Mo₇O₂₇.4H₂O, Fe-EDDHA kullanılmıştır. Hasat döneminde domates bitkisinden yaprak örnekleri alınmış, 65°C'de kurutularak, öğütülmüştür. Yaprakta N, P, Mg, S, Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri Kacar ve İnal (2008)'a göre; B analizi Bayraklı (1987)'ya göre yapılmıştır. İstatistiksel analizlerden olan varyans ve LSD testleri Yurtsever (1982)'e göre yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

NaCl stres şartlarında CaCl₂ uygulamasının domates bitkisinin makro element kapsamına etkisi

Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında azot ve fosfor kapsamına CaCl₂'ün etkisine ilişkin sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. NaCl'ün 70.4 mM dozu yaprakta azot kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Esmaili ve ark. (2008), sorgumda tuz seviyesi arttıkça % N, Ca, Mg, Na ve Cl kapsamının arttığını, % N, K, Ca alımının azaldığını, belirtmişlerdir. Yaprakta azot kapsamına CaCl₂'ün etkisi önemli bulunmamış ve NaCl seviyelerine bağlı olarak değişmemiştir. Yaprakta azot kapsamı %2.06 - %3.69 arasında olup, bitkilerin azotça yeterli beslendikleri görülmüştür (%2.0 - %3.0 arası N, yeterli, Hochmuth ve ark., 2004). NaCl 70.4 mM dozda yaprakta fosfor kapsamını önemli derecede arttırmış, fakat CaCl₂'ün yaprak fosfor kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1). Chavan ve Karadge (1980), tuzluluğa bağlı olarak yerfıstığı bitkisinin yaprak ve gövdesinde Ca, P ve Fe kapsamının arttığını, Mn kapsamının değişmediğini bildirmişlerdir. Yaprak fosfor kapsamı %0.21-%0.27 arasında olup, bitkilerin fosforca yeterli beslendikleri görülmüştür (%0.2-%0.4 arası P, yeterli, Hochmuth ve ark., 2004).

Çizelge 1. Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında azot ve fosfor kapsamına CaCl₂'ün etkisi

CaCl ₂ dozları, mM	N, %				P, %			
	NaCl dozları, mM				NaCl dozları, mM			
	0	44.4	70.4	Ort.	0	44.4	70.4	Ort.
0	2.32	2.35	3.69	2.79	0.21	0.20	0.26	0.22
6.8	2.22	2.16	2.78	2.39	0.22	0.22	0.27	0.23
16.8	2.36	2.06	3.65	2.69	0.21	0.21	0.22	0.21
Ort.	2.30b	2.19b	3.37a		0.21b	0.21b	0.25a	
	LSD _{0.05} NaCl:0.74				LSD _{0.05} NaCl:0.03			

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 seviyesinde fark yoktur

Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında magnezyum ve kükürt kapsamına CaCl₂'nin etkisine ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Besin çözeltisine ilave edilen NaCl ve CaCl₂ 'ün yaprakta magnezyum kapsamına etkileri önemli olup, her ikisinin de dozları arttıkça yaprakta magnezyum kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. Schimansky (1981)'e göre K ve Ca bitkilerin yalnızca Mg alımını değil, kökten tepe organlarına magnezyumun taşınmasını da olumsuz şekilde etkilemektedir. Kacar ve Katkat (2010),

bitkilerin magnezyum alımları üzerinde transpirasyon oranının da etkili olduğunu belirtmişler, transpirasyon oranı arttıkça alınan magnezyumun da arttığını bildirmişlerdir. CaCl_2 'nin yaprak magnezyum kapsamına etkisi NaCl dozlarında benzer bulunmuştur. Yaprakta magnezyum kapsamı %0.61-%1.31 arasında olup, bitkilerin magnezyumca yüksek seviyede beslendikleri görülmüştür (>%0.5 Mg, yüksek, [Hochmuth ve ark., 2004](#)).

NaCl'ün yaprakta kükürt kapsamına etkisi CaCl_2 dozlarına bağlı olarak farklı bulunmuştur (Çizelge 2). CaCl_2 'ün 0 ve 70.4 mM seviyelerinde NaCl dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede azalma göstermiş, buna karşın CaCl_2 'ün 6.8 mM seviyesinde NaCl dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede artmıştır. NaCl'ün 0 ve 44.4 mM dozlarında CaCl_2 dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. Bu azalmanın sebebi klorla sülfat arasındaki antagonistik ilişki olduğu sanılmaktadır. [Bloom-Zandstra ve Lampe \(1983\)](#), $\text{Cl}^{-1} \times \text{SO}_4^{-2}$ arasında önemli interaksyon bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu olgu söz konusu anyonların iç yöreye aynı taşıyıcılar tarafından taşınmasına dayanılarak açıklanmıştır. Ayrıca klor miktarının gelişme ortamında fazlalığı osmotik basıncın artmasına ve dolayısıyla bitkiler tarafından yeterli düzeyde suyun alınmamasına neden olur ([Kacar ve Katkat, 2010](#)). Yaprakta kükürt kapsamını NaCl'nin 70.4 mM dozunda uygulanan 6.8 mM CaCl_2 önemli derecede arttırmış, fakat 16.8 mM CaCl_2 önemli derecede etkilememiştir. Genel olarak CaCl_2 yaprakta kalsiyum kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Yaprakların kükürt kapsamı %0.93-%1.58 arası olup, bitkilerin kükürtçe yüksek seviyede beslendikleri görülmüştür (>%0,6 S, yüksek, [Hochmuth ve ark., 2004](#)).

Çizelge 2. Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında magnezyum ve kükürt kapsamına CaCl_2 'ün etkisi

CaCl ₂ dozları, mM	Mg, %				S, %			
	NaCl dozları, mM				NaCl dozları, mM			
	0	44.4	70.4	Ort.	0	44.4	70.4	Ort.
0	1.37	1.04	0.95	1.12a	1.58a	1.23c	1.12d	1.31a
6.8	0.83	0.79	0.71	0.77b	1.06e	1.04ef	1.28b	1.13b
16.8	0.73	0.66	0.61	0.66b	0.93g	1.02f	1.10d	1.02b
Ort.	0.97a	0.83b	0.75b		1.19	1.16	1.17	
LSD _{0.05} NaCl:0.14; CaCl ₂ :0.14					LSD _{0.05} NaCl x CaCl ₂ :0.14; CaCl ₂ :0.03			

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 seviyesinde fark yoktur

Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında demir ve mangan kapsamına CaCl_2 'ün etkisine ilişkin sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. CaCl_2 'ün yaprakta demir kapsamına etkisi önemsiz olmakla birlikte; NaCl'ün 44.4 mM dozunda yaprak demir kapsamını önemli derecede arttırmış, 70.4 mM dozunda önemli derecede etkilememiştir. Yaprakların demir kapsamı 302.5 - 472.0 ppm arasında olup, bitkilerin demirce yüksek seviyede beslendikleri görülmüştür (>100 ppm Fe, yüksek, [Hochmuth ve ark., 2004](#)).

NaCl stres şartlarında CaCl_2 uygulamasının domates bitkisinin mikro element kapsamına etkisi

Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında mangan kapsamına CaCl_2 'ün etkisine ilişkin sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. NaCl ve CaCl_2 dozları arttıkça yaprakta mangan kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. NaCl'nin her üç dozunda uygulanan CaCl_2 dozu arttıkça yaprak mangan kapsamı önemli derecede azalmıştır. Yaprakların mangan kapsamı 90,9-254,1 ppm arası olup, bitkilerin manganca yüksek seviyede beslendikleri görülmüştür (>100 ppm Mn, yüksek, [Hochmuth ve ark., 2004](#)).

Çizelge 3. Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında demir ve mangan kapsamına CaCl_2 'nin etkisi

CaCl ₂ dozları, mM	Fe, ppm				Mn, ppm			
	NaCl dozları, mM				NaCl dozları, mM			
	0	44.4	70.4	Ort.	0	44.4	70.4	Ort.
0	352.9	340.3	348.7	347.3	254.1	163.1	153.5	190.5a
6.8	348.7	472.0	351.5	390.8	187.4	123.8	129.1	146.8b
16.8	323.5	382.4	302.5	336.1	177.9	116.6	90.9	128.4b
Ort.	341.7b	398.2a	334.3b		206.5a	134.5b	124.5b	
LSD _{0.05} NaCl:47.7					LSD _{0.05} NaCl :36.2; CaCl ₂ :25.6			

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 seviyesinde fark yoktur

Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında çinko, bakır ve bor kapsamına CaCl_2 'ün etkisine ilişkin sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. NaCl ve CaCl_2 'ün yaprak çinko kapsamına etkileri önemli bulunmamıştır. [Hasan ve ark. \(1970\)](#), toprak tuzluluğunun mısır ve arpa bitkilerinin sap ve yapraklarında Mn ve Zn kapsamını artırdığını mısır bitkisinde Fe ve Cu kapsamını azalttığını bildirmişlerdir. Bazı çalışmalarda ise

tuzluluğun domates sürgünlerinde Zn, Fe ve Cu konsantrasyonunu artırdığı belirtilmiştir (Grattan ve Grieve, 1999; Knight ve ark., 1992; Maas ve ark., 1972; Niazi ve Ahmed, 1984). Değişik buğday ve çeltik çeşidi üzerinde araştırmalar yapan Alpaslan ve ark. (1998), tuz stresinde bitkilerin başta Cu olmak üzere Zn ve Cu alımlarının arttığını saptamışlardır. Yaprakta çinko kapsamı 15.9–18.2 ppm arası olup, bitkilerin çinko bakımından noksan oldukları görülmüştür (<20 ppm Zn, noksan, Hochmuth ve ark., 2004).

CaCl₂ dozu arttıkça yaprak bakır kapsamı önemli derecede azalma göstermiş, fakat NaCl'ün yaprak bakır kapsamına etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4). NaCl bütün dozlarında uygulanan CaCl₂'ün etkisi ile yaprak bakır kapsamı azalmıştır. Bu olgu artan NaCl stres şartlarında CaCl₂'ün bitki büyümesini arttırması (sulandırma etkisi), buna koşut şekilde bakır alımının artmaması şeklinde açıklanabilir (Kacar ve Katkat, 2010; Robson ve Reuter, 1981). Yaprakların bakır kapsamı 5.1–10.5 ppm arası olup, bitkilerin bakır kapsamı bakımından yeterli beslendikleri görülmüştür (5-10 ppm arası Cu, yeterli, Hochmuth ve ark., 2004).

Çizelge 4. Artan NaCl tuzu stres şartlarında domates yaprağında çinko, bakır ve bor kapsamına CaCl₂'ün etkisi

CaCl ₂ dozları (mM)	Zn, ppm				Cu, ppm				B, ppm			
	NaCl dozları(mM)				NaCl dozları(mM)				NaCl dozları(mM)			
	0	44.4	70.4	Ort.	0	44.4	70.4	Ort.	0	44.4	70.4	Ort.
0	17.9	16.8	17.3	17.3	10.5	7.8	8.7	9.0a	69.0a	52.6cd	48.8d	56.8
6.8	15.9	17.9	18.2	17.3	6.9	5.1	6.9	6.3b	62.7ab	55.4bcd	61.5abc	59.9
16.8	16.1	16.2	16.2	16.2	5.1	6.9	5.1	5.7b	58.2bcd	56.2bcd	62.2abc	58.9
Ort.	16.6	17.0	17.3		7.5	6.6	6.9		63.3a	54.8b	57.5b	
LSD _{0,05} CaCl ₂ :1,45								LSD _{0,05} NaCl:5,6; CaCl ₂ x NaCl:9,7				

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 seviyesinde fark yoktur

Yaprak bor kapsamına CaCl₂'nin etkisi NaCl dozlarına bağlı olarak farklı olmuştur (Çizelge 4). NaCl'ün 0 seviyesinde CaCl₂ dozu arttıkça yaprak bor kapsamı önemli derecede azalmıştır. Reeve ve Shive (1944) kalsiyumun domateste bor noksanlığı simptomlarını arttırdığını; Tanaka (1967), gelişme ortamında kalsiyumun yükselmesi ile bor absorpsiyonunun azaldığını bildirmişlerdir. Buna karşın NaCl'nin 70.4 mM seviyesinde CaCl₂ dozu arttıkça yaprakta bor kapsamı önemli derecede artmıştır. NaCl'nin 44.4 mM seviyesinde CaCl₂ ilavesinin yaprak bor kapsamı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Genel olarak NaCl dozu arttıkça yaprak bor kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. Bu olgu NaCl'nin neden olduğu kuraklık stresine bağlanabilir. Zira kuraklık stresinin öteki mikro elementlere göre bor alımını göreceli olarak daha fazla etkilediği ve bitkilerde bor alımını önemli derecede azalttığı bildirilmiştir (Baley, 1971; Sherrell ve Toxopeus, 1978; McQuarrie ve ark., 1983). Yaprakların bor kapsamı 48.8 – 69.0 ppm arasında olup, bitkilerin bor bakımından yüksek seviyede beslendikleri görülmüştür (>40 ppm B, yüksek, Hochmuth ve ark., 2004).

Sonuç

NaCl 70.4 mM dozunda yaprakta azot ve fosfor kapsamını önemli derecede arttırmıştır. Yaprakta azot ve fosfor kapsamına CaCl₂'ün etkisi önemli bulunmamış ve NaCl seviyelerine bağlı olarak değişmemiştir. NaCl ve CaCl₂'ün yaprakta magnezyum kapsamına etkileri önemli olup, her ikisinin de dozları arttıkça yaprakta magnezyum kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. CaCl₂'ün 0 ve 70.4 mM seviyelerinde NaCl dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede azalma göstermiş, buna karşın CaCl₂'ün 6.8 mM seviyesinde NaCl dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede artmıştır. Ayrıca NaCl'nin 0 ve 44.4 mM dozlarında CaCl₂ dozu arttıkça yaprakta kükürt kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. CaCl₂'ün yaprak demir kapsamına etkisi önemsiz olmakla birlikte; NaCl 44.4 mM dozda yaprak demir kapsamını önemli derecede arttırmıştır. NaCl ve CaCl₂ dozları arttıkça yaprakta mangan kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. NaCl ve CaCl₂'ün yaprak çinko kapsamına etkileri önemli bulunmamıştır. Yaprak bakır kapsamını CaCl₂ önemli derecede azaltmış, fakat NaCl önemli derecede etkilememiştir. Yaprak bor kapsamına CaCl₂'nin etkisi NaCl dozlarına bağlı olarak farklı olmuştur. Yaprak bor kapsamı NaCl'ün 0 seviyesinde CaCl₂ dozu arttıkça önemli derecede azalmış, buna karşın NaCl'ün 70.4 mM seviyesinde CaCl₂ dozu arttıkça önemli derecede artmıştır. NaCl'ün 44,4 mM seviyesinde ise CaCl₂ ilavesinin yaprak bor kapsamına etkisi önemli bulunmamıştır. Genel olarak NaCl dozu arttıkça yaprak bor kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir.

Kaynaklar

- Adams P, 2002. Nutritional control in hydroponics, In: Savvas D, Passam HC (Eds) Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals, Embryo Publications, Athens, Greece, pp 211-261.
- Alpaslan M, Güneş A, Taban S, Erdal İ, Tarakcioğlu C, 1998. Tuz stresinde çeltik ve buğday çeşitlerinin kalsiyum, fosfor, demir, bakır, çinko, ve mangan içeriklerindeki değişimler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 227-233.
- Arshi A, Abdin MZ, Iqbal M, 2006. Sennoside content and yield attributes of *Cassia angustifolia* Vahl. as affected by NaCl and CaCl₂. *Scientia Horticulturae* 111: 84-90.
- Bayraklı F, 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi. O.M.Ü Yayın No:17, Samsun.
- Bloom-Zandstra G, Lampe JE, 1983. The effect of chloride and sulphate salts on the nitrate content in lettuce plants *Lettuce sativa* L. *Journal of Plant Nutrition* 6:611-628.
- Botella M.A., Rosado, A., Bressan, R.A. ve Hasegawa, P.M., 2005. Plant Adaptive Responses to Salinity Stress, Plant Abiotic Stress, Blackwell Publishing Ltd., 270p.
- Busch DS, 1995. Calcium regulation in plant cell and his role in signalling. *Annual Review of Plant Biology* 46, 95-102.
- Cerda A, Pardines J, Botella MA, Martinez V, 1995. Osmotic sensitivity in relation to salt sensitivity in germination of barleyseeds. *Plant Cell and Environment* 9: 721-725.
- Chavan PD, Karadge, BA, 1980. Influence of salinity on mineral nutrition of peanut (*Arachis hyogea* L.). *Plant and Soil* 54: 5-13.
- Dajic, Z, 2006. Salt Stress, Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants, ISBN-13 978-1-4020-4224-9, Dordrecht, The Netherlands, 345p.
- Del Amor FM, Marcelis LF, 2006. Differential effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. *Scientia Horticulturae* 111, 17-23.
- Dell'Amico C, Masciandaro G, Ganni A, Ceccanti B, Garcia C, Hernandez T, Costa F, 1994. Effects of specific humic fractions on plant growth, In Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health; Senesi, N., Milano, T.M., Eds.; Elsevier Science; Amsterdam, The Netherlands, pp. 563-566.
- Ehret DL, Remann RE, Harvey BL, Cipywnyk A, 1990. Salinity-induced calcium deficiencies in wheat and barley. *Plant and Soil* 128, 143-151.
- Esmaili EE, Kapourchal SA, Malakouti MJ, Homae M, 2008. Interactive effect of salinity and two nitrogen fertilizers on growth and composition of sorghum. *Plant Soil and Environment* 54 (12), 537-546.
- Frechilla S, Lasa B, Ibarretxe L, Lamsfus C, Aparicio-Tejo P, 2001. Pea responses to saline stress is affected by the source of nitrogen nutrition (amMonium or nitrate). *Plant. Growth Regulation* 35:171-179.
- Grattan SV, Grieve CM, 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments, In: Pessaraki M. (ed.): Handbook of plant and crop stress, Marcel Dekker, New York: 203-229.
- Hasan NAK, Drew JW, Knudsen D, Olson RA, 1970. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn: II. Corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal* 62: 46-48.
- Hirschi KD, 2004. The calcium conundrum. Both versatile nutrient and specific signal. *Plant Physiology* 136:2438-2442.
- Ho LC, Belda R, Brown M, Andrews J, Adams P, 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany* 44, 509-518.
- Hochmuth G, Maynard D, Vavrina C, Hanlon E, Simonne E, 2004. Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetables Crops in Florida, HS964, Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, Available at: : <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/EP/EP08100>.
- Jaleel CA, Gopi R, Manivannan P, Panneerselvam R, 2007. Antioxidative potentials as a protective mechanism in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. plants under salinity stress. *Turkish Journal of Botany* 31: 245-251.
- Jaleel CA, Kishorekumar A, Manivannan P, Sankar B, Gomathinayagam M, Rajaram P, 2008. Salt stress mitigation by calcium chloride in *Phyllanthus amarus*. *Acta Botanica Croatia* 67(1): 53-62.
- Kacar B, Katkat VA, 2010. Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849, Fen Bilimleri: 30, 5. Baskı Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Kacar B, 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.
- Kaya C, Kirnak H, Higgs D, Saltali K, 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae* 93, 65-74.
- Kocaçalışkan İ, 2003. Bitki Fizyolojisi, DPÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Yayını, 420.
- Liu J, Zhu JK, 1998. A calcium sensor homolog required for plant salt tolerance. *Science* 280: 1943-1945.
- Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J, 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany* 78: 389-398.
- Munns R, 2002, Salinity, Growth and Psychohormones Salinity, Environment-Plants-Molecules, Published by Kluwer Academic Publishers, ISBN: 1-4020-0492-3, Dordrecht, The Netherlands, 522p.
- Renault S, 2005. Response of red-osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings to sodium sulphate salinity: effects of supplemental calcium. *Physiologi Plantarum* 123: 75-81.
- Rengel Z, 1992. The role of calcium in salt toxicity. *Plant Cell and Environment* 15:625-632.
- Russo RO, Berlyn GP, 1990. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 1: 19-42.
- Saure MC, 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - a calcium- or a stress-related disorder?. *Scientia Horticulturae* 90: 193-208.
- Shannon MC, Grieve CM, Francois LC, 1994. Whole-plant response to salinity, In: Plant Environ., Interact. (Ed.: R.E.Wilkinson), M. Dekker Inc. N.Y., pp 199-244.
- Sonneveld C, Straver N, 1994. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates, (10th Edn) Serie, Voedingsoplossingen Glasstuintbouw, No:8, PBG Naaldwijk-PBG Aalsmeer, The Netherlands, 45 pp.
- Tanaka A, 1967. Boron Absorption by Crops Plants as Affected by Other Nutrients of the Medium. *Soil Science and Plant Nutrition* 13: 41-44.

- Tuna AL, Kaya C, Ashraf M, Altunlu H, Yokas I, Yağmur B, 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 59: 173-178.
- Türkmen, Ö., Şensoy, S., Erdal, İ. ve Kabay, T., 2002. Kalsiyum uygulamalarının tuzlu fide yetiştirme ortamlarında domateste çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi* 12(2): 53-57.
- Türkmen Ö, Şensoy S, Erdal İ, 2000. Effect of potassium on emergence and seedling growth of cucumber grown in salty conditions. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi* 10: 113-117
- Walker DJ, Bernal MP, 2004. Plant mineral nutrition and growth in a saline Mediterranean soil amended with organic wastes. *Communication of Soil Science and Plant Analyses* 35:2495-2514.
- Walker DJ, Bernal MP, 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology* 99:396-403.
- Yan F, Schubert S, Mengel K, 1992. Effect of low root medium pH on net proton release, root respiration and root growth of corn (*Zea mays* L.) and broad bean (*Vicia faba* L.). *Plant Physiology* 99:415-421.
- Yokoi S, Bressan RA, Hasegawa PM, 2002. Salt Stress Tolerance of Plants, JIRCAS Working Report, 25-33.
- Yurtsever N, 1982. Tarla Deneme Tekniği, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 91, Ankara.