

TUZLULUK STRESİNDE DOMATES BİTKİSİNİN YAPRAK AYASI VE YAPRAK SAPI DOKULARINDA BAZI MİNERAL İÇERİKLERİ VE OKSALİK ASİT OLUŞUMU

Bülent TOPCUOĞLU

Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Antalya

Özet

Tuzluluğun domates bitkisinin yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında mineral içerikleri ve oksalik asit oluşumuna etkisini incelemek için serada peat + perlit ortamında yetiştirilen domates bitkisinin besin çözeltisine 0, 25, 50 ve 75 mM düzeylerinde NaCl uygulandı.

Besin çözeltisine artan düzeylerde uygulanan NaCl ile ilgili olarak domates bitkisinin yaprak ayası ve yaprak sapı dokularının her ikisinde Na, Cl ve suda çözünebilir Ca içerikleri artarken NO₃, oksalik asit içerikleri ve fizyolojik etkili oksalik asit miktarı azalmış, yaprak sapında ise N ve K içerikleri azalmıştır. Artan tuz konsantrasyonu ile ilgili olarak suda çözünebilir Ca içeriğinde belirlenen artış oksalik asit oluşumundaki ve fizyolojik etkili oksalik asit miktarındaki azalışın bir fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tuzluluk, Mineral İçerikleri, Oksalik Asit, Domates

Some Mineral Contents and Oxalic Acid Formation in the Lamina and Petiole Tissues of Tomato Plant in Salinity Stress

Abstract

In greenhouse experiment that NaCl applied at 0, 25, 50 and 75 mM concentrations to nutrient solutions of tomato grown in peat + perlite substratum was used to study the effect of salinity on mineral contents and oxalic acid formation in the lamina and petiole tissues of tomato plant

In both of lamina and petiole tissues, while Na, Cl and water soluble Ca contents increasing, NO₃, oxalic acid contents and physiologically active oxalic acid amount were decreased; in lamina tissue, N content was increased and P and Ca contents were decreased, as for in petiole tissue N and K contents were decreased by the increasing applications of NaCl to nutrient solution. A higher water soluble Ca contents resulted by increasing salinity is considered as a function of decreasing content of oxalic acid and physiologically active oxalic acid amount.

Keywords: salinity, mineral contents, oxalic acid, tomato

1. Giriş

Tuzlu koşullar altında bitkilerin gelişimi gerilemekte ve ürün miktarı azalmaktadır. Domates en önemli sebze bitkilerinden biridir ve tuz stresine orta derecede dayanıklı olarak sınıflandırılmıştır (Mass ve Hofman, 1977).

Tuzluluk bitkide mineral metabolizmayı etkileyen başlıca çevresel faktörlerden biridir. Belirli bitki türlerinde besin alımının tuzlulukla yavaşladığı, diğer yandan belirli

deneysel koşullarda tuzluluğun besin alımını engellemekten çok hızlandığı bildirilmiştir (Heikal, 1977). Otuzun üzerinde fizyolojik bitki hastalığı kalsiyum eksikliği ile ilgilidir (Maynard, 1979). Kalsiyum alımının artan tuzluluk ile doğrusal olarak azaldığı bildirilmiştir (Adams ve Ho, 1993; Lopez ve Satti, 1996). Kalsiyum bir dokuda hemen çökelebilen, çok immobil bir makroelementtir. Kalsiyum immobilitesi oksalat veya diğer çözünemez formlar

gibi iyon komplekslerinin oluşumu şeklinde ve hücre duvarına bağlanarak ortaya çıkmaktadır (Ferguson, 1979). Bitkide kalsiyum etkinliği üzerinde doku kalsiyumunun çözünebilir formda yüksek oranda bulunması önemli bir faktör olarak değerlendirilmiştir. Bitki hücrelerinde kalsiyumun oksalik asitle kalsiyum oksalat formunda çökerek kalsiyum eksikliğini uyarabildiği uzun süredir bilinmektedir (Behling ve ark., 1989).

Tuzluluk koşullarındaki bitkilerin fizyolojilerinin daha iyi anlaşılmasının tuzluluk probleminde daha etkili bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada domates bitkisinin mineral bileşimi üzerinde farklı içeriklere sahip yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında bazı mineral içerikleri ile oksalik asit oluşumu ve aralarındaki ilişkiler üzerine besin çözeltisindeki değişik tuz konsantrasyonlarının etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Tuz (NaCl) uygulamalarının domates bitkisinde mineral içerikleri ve oksalik asit oluşumuna etkisi sera denemesinde incelenmiştir. Domates bitkisi 32 x 29 cm boyutlarında 800 cm³ saf su ile yıkanmış peat + perlit karışımını (1:1) içeren plastik saksılarda besin çözeltisi uygulanmak suretiyle yetiştirilmiştir.

Besin çözeltisinin temel konsantrasyonları 1.25 mM KH₂PO₄, 2.00 mM MgSO₄, 4.00 mM Ca(NO₃)₂, 1.60 mM KNO₃, 1.20 mM NH₄NO₃ olarak uygulanmıştır. Mikro besin maddeleri demir (Fe-EDDHA), bor (Na₂B₄O₇.H₂O), mangan (MnSO₄. H₂O), çinko (ZnSO₄.7H₂O), bakır (CuSO₄. 5H₂O), molibden (Na₂MoO₄. 2H₂O) sırasıyla 10, 20, 10, 4, 05, 0.5 µmol konsantrasyonlarında uygulanmıştır.

NaCl temel besin çözeltisine 0

(kontrol), 25, 50 ve 75 mM konsantrasyonlarda ilave edilmiştir.

Domates fidelerinden (Elif 190, F1) her bir saksıya bir adet şaşırtılarak tesadüf parselleri deneme deseninde dört yinelemeli olarak yetiştirilmiştir. Besin çözelteleri ilgili deneme deseninde saksılara her gün gerektiği kadar, fazlası saksıdan sızacak şekilde uygulanmış, ayrıca her hafta saksılardaki yetiştirme ortamı buharlaşma ile aşırı tuz birikimine karşı saf su ile yıkanmış ve tekrar besin çözeltisi uygulanmıştır. Domates bitkileri 60 gün süresince yetiştirilmiş ve her bir saksıdaki domates bitkisinin olgunlaşmasını tamamlamış genç yapraklarından örnekleme yapılmış

Saf su ile yıkanan bitki örneklerinde yaprak ayası ve sapı (petiol) ayrıldıktan sonra 65 °C de kurutulmuş ve öğütülmüştür. HNO₃ + HClO₄ karışımı ile yaş yakılan örneklerde toplam Ca atomik absorpsiyon spektrofotometrik, Na ve K flemfotometrik, P spektrofotometrik olarak; kuru bitki örneklerinde toplam N kjeldahl yöntemiyle, NO₃ salisilik asit nitrasyonu ile kolorimetrik olarak, (Cataldo ve ark., 1975), suda çözünebilir Ca bir saat süresince saf su ile çalkalanan ve süzülen örneklerde atomik absorpsiyon spektrofotometrik olarak (Behling ve ark.,1989), ekstrakte edilebilir Cl AgNO₃ titrasyonu ile (Jhonson ve Ulrich, 1959), toplam oksalik asit KMnO₄ titrasyonu ile (Adriaanse ve Robbers, 1970) belirlenmiştir. Fizyolojik etkili oksalik asit Shupmann ve Weinman (Allison, 1966) tarafından bildirildiği şekilde toplam oksalik asitin toplam kalsiyumdan fazla olan eşdeğer miktarları (meq/kg) olarak hesaplanmıştır.

Denemede elde olunan verilerde varyans analizleri (Anova) ve ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılması (LSD, % 5) yapılmıştır.

Uygulamalar arasındaki asgari önemli farklılık, şekillerde farklı harflerle gösterilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Sodyum ve Klor İçerikleri

Besin çözeltilisine NaCl uygulamalarıyla ilgili olarak domates bitkisinin yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında Na ve Cl içerikleri artmıştır. Yaprak sapında Na ve Cl içeriklerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 1, Şekil 2).

3.2. Potasyum İçeriği

K içeriği üzerine NaCl uygulamaları yaprak ayasında önemli etki yapmazken yaprak sapında 25 ve 50 mM NaCl düzeylerinde kontrolden düşük olmuş, 75 mM düzeyinde en yüksek değer saptanmıştır (Şekil 3).

3.3. Fosfor İçeriği

NaCl uygulamaları yaprak ayasında P içeriğini azaltırken yaprak sapında P içeriği üzerine önemli etki yapmamıştır. Yaprak ayasının P içeriği daha fazla belirlenmiştir (Şekil 4).

3.4. Toplam Azot ve Nitrat İçerikleri

NaCl uygulamalarıyla ilgili olarak toplam N içeriği yaprak ayasında artarken yaprak sapında azalmış, NO₃ içeriği ise her iki dokuda da azalmıştır. Toplam N içeriği yaprak sapında daha az belirlenirken, NO₃ içeriği 25 ve 75 mM NaCl uygulamasında yaprak sapında daha fazla belirlenmiştir. NO₃' in toplam N' a göreceli değerinin yaprak sapında daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 5, Şekil 6).

3.5. Toplam ve Suda Çözünabilir Kalsiyum İçerikleri

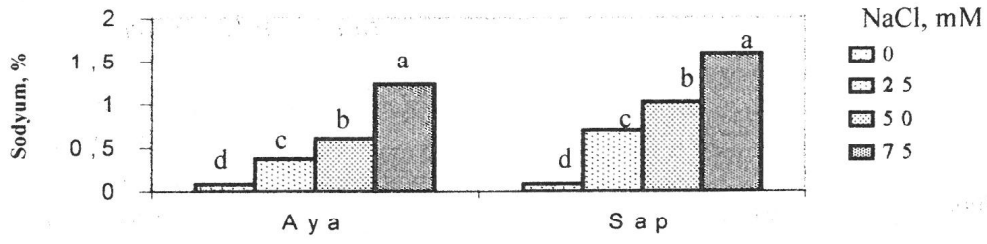
Besin çözeltilisine uygulanan NaCl domates bitkisinin yaprak sapında Ca içeriği üzerine istatistiki olarak önemli etki yapmamış, yaprak ayasında azaltmıştır. Suda çözünebilir Ca içeriği ise NaCl uygulamaları ile ilgili olarak yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında artmıştır. Yaprak ayası yaprak sapından daha fazla toplam ve suda çözünebilir Ca içeriğine sahip olmuştur (Şekil 7, Şekil 8).

3.6. Oksalik Asit İçeriği

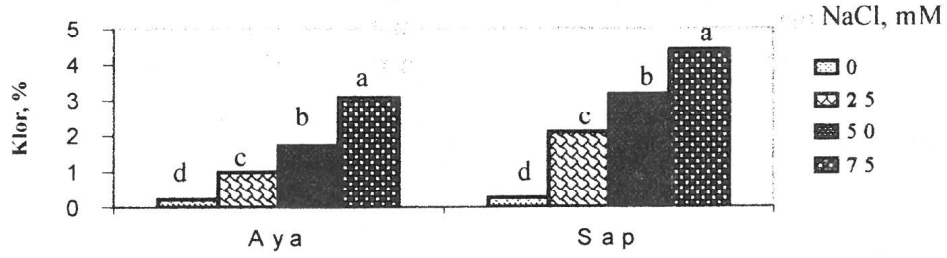
Yaprak sapı ve yaprak ayası dokularında oksalik asit içeriği NaCl uygulamaları ile ilgili olarak azalmıştır. Yaprak ayasında 25 mM NaCl düzeyinde artış görülmüştür. Yaprak ayasının oksalik asit içeriği daha fazla olmuştur (Şekil 9).

3.7. Fizyolojik Etkili Oksalik Asit (FEOA) Miktarı

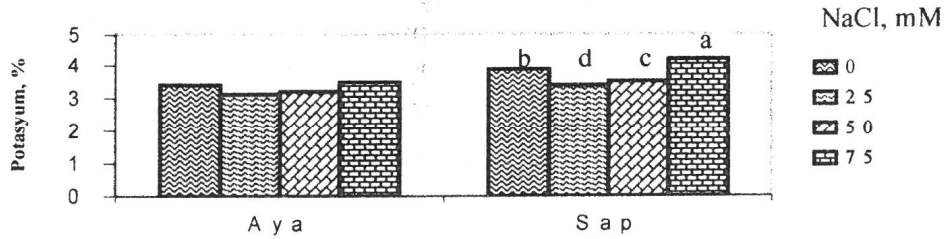
FEOA yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında 0 ve 25 mM NaCl düzeylerinde belirlenmiştir. 50 ve 75 mM NaCl düzeylerinde oksalik asit içeriğinin Ca içeriğinden göreceli azalışına bağlı olarak negatif değerler (Ca'un eşdeğer olarak oksalik asitten fazlalığı) elde olunmuştur. FEOA miktarı yaprak sapında daha fazla belirlenmiştir (Şekil 10).



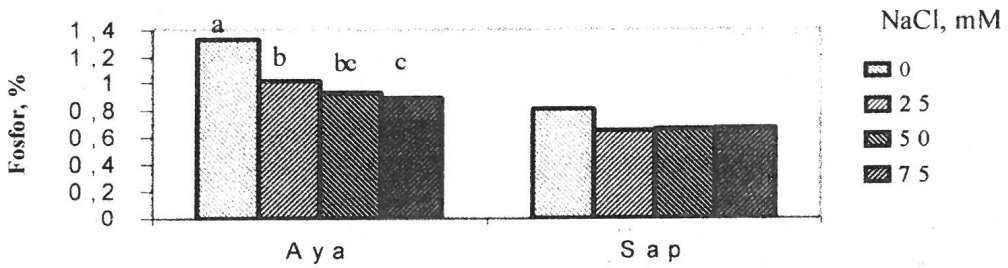
Şekil 1. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında Na İçeriği Üzerine Etkisi.



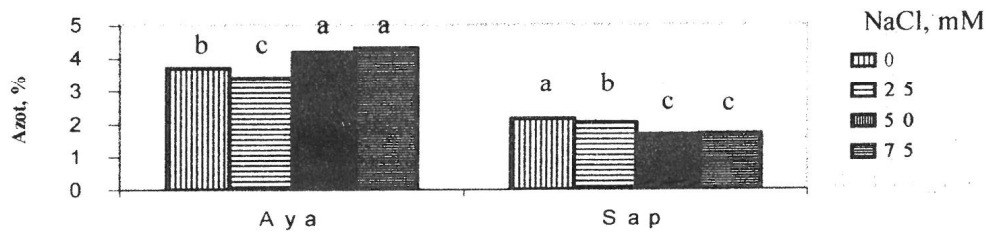
Şekil 2. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında Cl İçeriği Üzerine Etkisi.



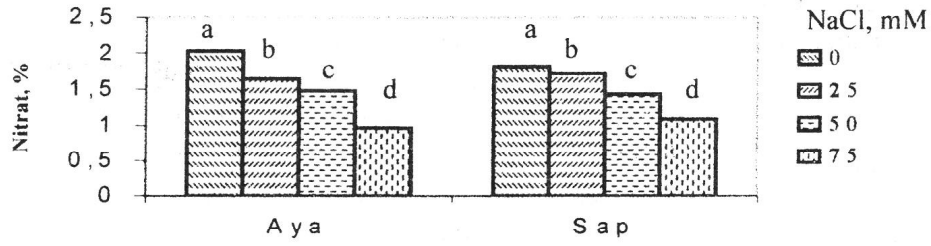
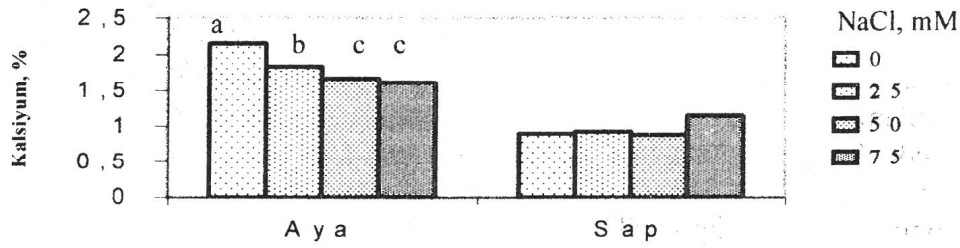
Şekil 3. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında K İçeriği Üzerine Etkisi.



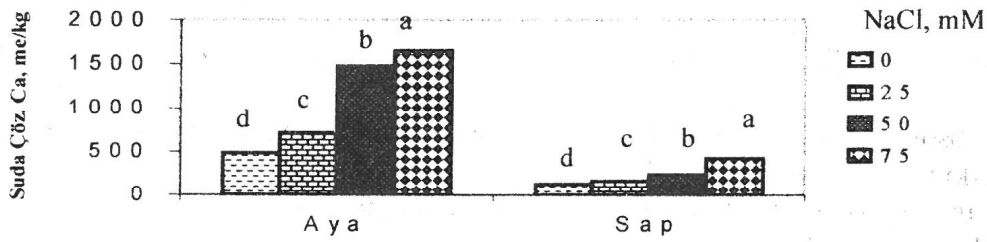
Şekil 4. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında P İçeriği Üzerine Etkisi.



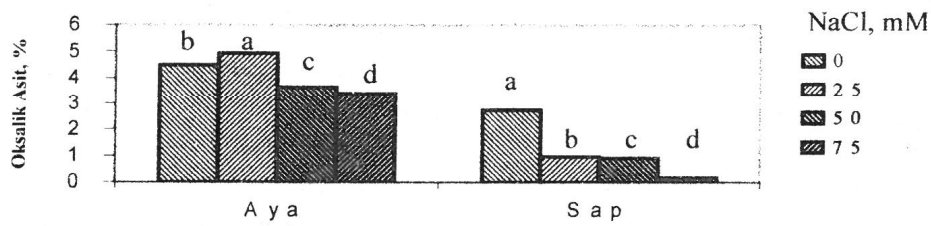
Şekil 5. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında N İçeriği Üzerine Etkisi.

Şekil 6. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında NO₃ İçeriği Üzerine Etkisi.

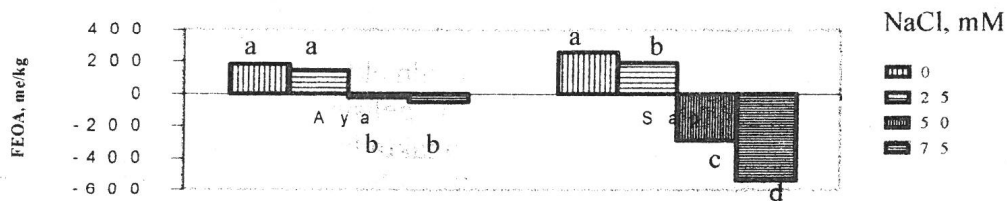
Şekil 7. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında Ca İçeriği Üzerine Etkisi.



Şekil 8. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında Suda Çözünebilir Ca İçeriği Üzerine Etkisi.



Şekil 9. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında Oksalik Asit İçeriği Üzerine Etkisi.



Şekil 10. NaCl Uygulamalarının Yaprak Ayası ve Yaprak Sapında Fizyolojik Etkili Oksalik Asit Üzerine Etkisi.

4. Tartışma

Besin çözeltilisine uygulanan NaCl ile ilgili olarak domates bitkisinde Na ve Cl içeriklerinin artışına ilişkin bulgular Ravikovitch ve Yoles (1971), Fernandez ve ark.(1977), Adams ve Ho (1989), Perez-Alfocea ve ark. (1996)'nın bulgularıyla uyum göstermektedir.

NaCl uygulamaları ile ilgili olarak Alam ve ark. (1989) K içeriğinin arttığını, Heikal (1977), Adams ve Ho (1989), Faiz ve ark. (1994), Lopez ve Satti (1996), Perez-Alfocea ve ark. (1996) ise azaldığını bildirmişlerdir.

NaCl uygulamaları ile ilgili olarak domates bitkisinde P içeriğinin azalışına ilişkin bulgular Marchanda ve ark. (1982), Papadopoulas ve Rendig (1983), Alam ve ark. (1989)'un bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Marchanda ve ark. (1982) ve Papadopoulas ve Rendig (1983) domateste Cl' un P absorpsiyonunu önlediğini, Chabra ve ark. (1976) Cl ve P' un domates tarafından absorpsiyonunda birbirlerine antagonist etki yaptıklarını bildirmiştir.

NaCl uygulamaları ile ilgili olarak domates bitkisinin dokularında toplam N içeriğinin arttığına ilişkin bulgular Heikal (1977), Alam ve ark. (1989), Faiz ve ark. (1994)'nın çalışmalarıyla, ve NO₃ içeriğinin azalışına ilişkin bulgular Labanauskas ve ark. (1978), Epstein (1988) ve Perez-Alfocea ve ark. (1996) nin bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Torres-Bernal ve Bingham (1973) bitkide NO₃ birikimi üzerinde Cl un inhibitör etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Epstein (1988) ise NO₃ absorpsiyonunun Na tarafından inhibe edildiğini bildirmiştir. Toplam N içeriğinin yaprak sapında NaCl uygulamalarıyla azalmasının, yaprak sapı dokusunda NO₃ konsantrasyonunun toplam N içinde yüksek bir oran teşkil etmesinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

Besin çözeltilisine NaCl

uygulamalarıyla ilgili olarak bitkide Ca içeriğinin azalması literatürle (Alam ve ark., 1989; Faiz ve ark., 1994; Lopez ve Satti, 1996) uyum göstermektedir. Geraldson (1957) toprak çözeltilisindeki fazla çözünebilir NH₄, K, Mg ve Na' un Ca alımının azalmasına neden olduğunu; fazla toplam tuzların ölçülebilir Ca oranı normal yada yeterli olduğunda bile bir Ca noksanlığına neden olabileceğini bildirmiştir. Yaprak ayasında Ca içeriğinin artan tuz konsantrasyonuyla ilgili olarak azalmasına karşılık suda çözünebilir Ca içeriği yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında artmıştır. Suda çözünebilir Ca içeriğindeki artışın aynı dokularda oksalik asit içeriğindeki azalışla ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Transpirasyon akımıyla alınan (Ragnekar, 1975) ve ksilemde taşınan (Adams ve Ho, 1989) Ca bir dokuda kolaylıkla çökelebilen çok immobil bir makroelement olarak tanımlanmaktadır. Ca immobilitesi kalsiyum oksalat ve diğer çözünemez formlar gibi iyon kompleksleri şeklinde ve hücre duvarına bağlanarak ortaya çıkmaktadır (Ferguson, 1979). Buna göre artan tuz konsantrasyonunda domates bitkisinin yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında oksalik asit içeriğinin ve yaprak ayasında toplam Ca içeriğinin azalmasına karşılık suda çözünebilir Ca içeriğinin artışı domates bitkisinin dokularında oksalik asitin Ca immobilitesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu konuda Bornkamm (1965), Hall (1977) çözünemez Ca ve oksalat içerikleri arasında önemli ilişkiler bulunduğunu bildirmişlerdir. Ca bitki hücrelerinde kalsiyum oksalat formunda konsantre olmakta ve çökelebilmekte ve böylece sürekli sürgün gelişimi için Ca yarayırlılığını sınırlamaktadır (Behling ve ark., 1989). Düşük oksalik asit içeriğine sahip bitkilerin öz sularında büyük miktarlarda serbest Ca içeriğinin bulunduğu, oysa

yüksek oksalik asit içeriğine sahip bitkilerin öz sularında iz miktarlarda serbest Ca içerildiği bildirilmiştir (Pierce ve Appleman, 1943).

Tuzluluk-oksalik asit oluşumu üzerinde sınırlı literatürde, Kreij ve ark. (1992) domates meyvelerinde altın benekler (golden specks) olarak tanımlanan kalsiyum oksalat kristallerinin besin çözeltisinde artan elektriki iletkenlik ile ilgili olarak azaldığını ve fakat açıklanamayan bir sebep ile artan Cl konsantrasyonu ile arttığını belirlemişlerdir. NaCl uygulamaları ile teşvik edilen Cl alımı sonucu domates bitkisinde Cl konsantrasyonunun arttığı fakat oksalik asit içeriğinin azaldığı görülmektedir. Bu durum Schmith ve ark. (1971), Breteler (1973) tarafından belirtildiği şekilde bitkide inorganik anyon içeriğini arttıran uygulamaların oksalik asit içeriğinde azalışa neden olabileceği yaklaşımı desteklemektedir. Yapraktan $CaCl_2$ uygulamaları ile yaprak Cl konsantrasyonunun arttığı ve oksalik asit içeriğinin azaldığı (Topcuoğlu ve ark., 1996), diğer yandan besin çözeltisinde artan NaCl konsantrasyonu ile oksalik asit oluşum trendinin bitkinin alt ve üst dokularında farklı şekilde görüldüğü (Topcuoğlu ve Kütük, 2000) bildirilmiştir.

FEOA, Shupman ve Weinman'a göre stokiyometrik olarak oksalik asitin Ca dan fazla olan eşdeğer miktarları olarak tanımlanmakta, pratik olarak suda çözünebilir oksalik asite eşdeğer kabul edilmekte ve oksalik asitin iki değerli kanyonlar tarafından bağlanamayan kısmını ifade etmektedir (Allison, 1966). FEOA diyette kanyon yarayışsızlığı oluşturan bir organik anyon tanımına girmesinin yanısıra bitki beslenmesinde özellikle Ca metabolizmasını ve hareketliliğini, hücrelerde iyon dengesini etkileyen önemli bir ölçüt olarak da önem taşıyabilir. 0 (kontrol) ve 25 mM

NaCl uygulamalarında FEOA belirlenmiş ve bu uygulamalarda suda çözünebilir Ca düşük düzeylerde görülmüştür. Bu durum bitki hücrelerinde serbest oksalik asit miktarının fazlalığının serbest kalsiyum miktarını azaltarak yarayışsız hale getirdiği hipotezini desteklemektedir.

Kaynaklar

- Adams, P., Ho, L.C. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 64 (6):725-732.
- Adams, P., Ho, L.C. 1993. Effects of environmental on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil*, 154 (1):127-132.
- Adriaanse, A., Robbers, I.E. 1970. Über eine modifizierte gessamtohalat bestimmung in gemüsen. *Z. Lebensm.-Unters. U. Fors.*, 141:158-160.
- Alam, S.M., Naqvi, S.S.M., Azmi, A.R. 1989. Effect of salt stress on growth of tomato. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 32 (2):110-113.
- Allison, R.M. 1966. Soluble oxalates, ascorbic and other constituents of rhubarb varieties. *J. Sci. Fd. Agric.*, 17:554-557.
- Behling, J.P., Gabelman, W.H., Gerloff, G.C. 1989. The distribution and utilization of calcium by two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines differing in calcium efficiency when grown under low-Ca stress. *Plant and Soil*, 113:189-196.
- Bornkamm, V.R. 1965. Die rolle des oxalats im staffwechsel höherer grüner pflanzen. *Untersuchungen an Lemna minör L. Flora*, 156:139-171.
- Breteler, H. 1973. A comparision between ammonium and nitrate nutrition of young sugar-beet grown in nutrient solutions at constant acidity. 1. Production of dry matter, ionic balance and chemical composition. *Neth. J. Agric. Sc.*, 21:227-244.
- Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E., Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. and Plant Analysis*, 6 (1), 71-80.
- Chabra, R., Ringoet, A., Lamberts, D. 1976. Kinetics and interaction of chloride and

- phosphate absorption by intact tomato plants from a dilute nutrient solution. *Z. Pflanzen Physiol. Bd.*, 78:253-261.
- Epstein, E. 1988. Calcium, mineral nutrition, and salinity. *Hortscience*, 23 (2):262.
- Faiz, S.M.A., Ullah, S.M., Hussain, A.K.M.A., Kamal, A.T.M.M., Sattar, A. 1994. Yield, mineral contents and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under salt stress in a saline soil. *Current Agriculture*, 18 (1-2):9-12.
- Ferguson, I.B. 1979. The movement of calcium in non-vascular tissue of plants. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 10 (1-2):217-224.
- Fernandez, F.G., Caro, M., Cerda, A. 1977. Influence of NaCl in the irrigation water on yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annum*). *Plant and Soil*, 46: 405-411.
- Geraldson, C.M. 1957. Factors affecting calcium nutrition of celery, tomato, and pepper. *Soil Sci. Soc. Proceedings*, 21: 621-625.
- Hall, D.A. 1977. Some effects of varied calcium nutrition on the growth and composition of tomato plants. *Plant and Soil*, 48:199-211.
- Heikal, M.M.D. 1977. Physiological studies on salinity. VI. Changes in water composition of some plants over a range of salinity stresses. *Plant and Soil*, 48:223-232.
- Jhonson, C.M., Ulrich, A. 1959. II. Analytical methods for use in plant analysis. *California Agriculture Experiment Station. Bull.* 766.
- Kreij, C. De., Janse, J., Van Goor, J., Van Doesburg, J.D.J. 1992. The incidence of calcium oxalate crystals in fruit walls of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by humidity, phosphate and calcium supply. *Journal of Horticultural Science*, 67 (1):45-50.
- Labanauskas, K.C., Bingham, F.T., Cerda, A. 1978. Free and protein amino acids, and nutrient concentrations in wheat grain as affected by phosphorus nutrition at various salinity levels. *Plant and soil*, 49:581-593.
- Lopez, M.V., Satti, S.M.E. 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Science Limeric*, 114 (1):19-27.
- Marchanda, H.R., Sharma, S.K., Bhandari, D.K. 1982. Response of barley and wheat to phosphorus in the presence of chloride and sulphate salinity. *Plant and Soil*, 66:233-241.
- Mass, E.V., Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance. *Current assesment. J. Irrig. Drain. Eng-ASCE*. 103:115-134.
- Maynard, D.N. 1979. Nutritional disorders of vegetable crops. *J. of Plant Nutrition*, 1:1-23.
- Papadopoulos, I., Rendig, V.V. 1983. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. *Plant and Soil*, 73:47-57.
- Perez-Alfocea, F., Balibrea, M.E., Santa Cruz, A., Estan, M.T. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil*, 180:251-257.
- Pierce, E.C., Appleman, C.O. 1943. Role of ether soluble organic acids in the cation-anion balance in plants. *Plant Physiology*, 18:224-238.
- Ragnekar, P.V. 1975. Effect of calcium deficiency on the carbon metabolism in photosynthesis and respiration of tomato leaf. *Plant and Soil*, 42:565-583.
- Ravikovitch, S., Yoles, D. 1971. The influence of phosphorus and nitrogen on millet and clover growing in soils affected by salinity. II: Plant composition. *Plant and Soil*, 35: 569-588.
- Schmidt, H.A., Macdonald, H.A., Brockman, F.E. 1971. Oxalate and nitrate contents of four tropical leafy vegetables grown at two fertility levels. *Agronomy Journal*, 63:559-561.
- Topcuoğlu, B. Kütük, C. 2000. Dry matter, fruit yield and the distribution of calcium and oxalic acid content in the upper and lower tissues of tomato plant in salinity stress. *International Symposium on Techniques to control Salination for Horticultural Productivity*, Nov. 7-10 Antalya, Turkey.
- Topcuoğlu, B., Alpaslan, M., Yalçın, R., Kasap Y. 1996. Yapraktan CaCl₂ uygulamasının değişik formlarda azotla gübrelenen ıspanak bitkisinde oksalik asit, nitrat ve organik bağlı azot ile kalsiyum içerikleri üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2 (3): 11-16.
- Torres-Bernal, C., Bingham, F.T. 1973. Salt tolerance of mexican wheat: I. Effect of NO₃⁻ and NaCl on mineral nutrition, growth, and grain production of four wheats. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37: 711-715.