

Potasyumun Tuz Stresinde Yetişen Bitkilerde Rolü Ve Önemi

Cengiz Kaya¹ A.Levent Tuna²

ÖZET

Potasyum (K) bitkiler için zorunlu bir besin elementi olup çoğunlukla bitkilerde en fazla bulunan katyondur. Ancak sodyum (Na) ise bitkiler için mM düzeyde bile toksik olabilmektedir. Potasyum noksanlığı ve Na toksitesi dünyada yaygın olarak görülen ve bitkisel üretimi sınırlayan önemli problemlerdir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki K noksanlığının olduğu alanlarda tuzluluk bitkilerde daha fazla olumsuz etkide bulunurken, potasyumun yeterli ve fazla olduğu bölgelerde ise tuzluluk bitkilerde daha az olumsuz etki yapmaktadır. Bu derlemede bu konuda yapılmış olan çalışmalar detaylı olarak anlatılacak ve ayrıca potasyumun tuzluluğun etkisi nasıl azalttığı yapılan araştırmalar ışığında tartışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Potasyum, tuz stresi, bitki, gelişme

The Role and Importance of Potassium in the Plant Grown Under Salt Stress

ABSTRACT

Potassium (K⁺) is an essential nutrient and the most abundant cation in plants, whereas the closely related ion sodium (Na⁺) is toxic to most plants at high millimolar concentrations. potassium deficiency and sodium toxicity are both major constraints to crop production worldwide. Researches show that salinity affects plants more detrimental in the soil deficient in potassium, but it less affect the plants grown in the soil containing optimum and high potassium. In this paper, the literature relating to this area will be covered in detail and presented the mechanism of how potassium alleviates salinity stress under light of relevant researches.

Key Words: Potassium, salt stress, plant and growth

GİRİş

Potasyum (K) bitkiler için zorunlu makro besin elementlerinden biri olup, bitkide en fazla bulunan katyondur. Potasyumun bitkilere fazlaca

¹ Doç.Dr. Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Şanlıurfa

² Yrd.Doç.Dr. Muğla Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla

alınabilmesi bitki membranlarında fazla miktarda iyonofor bulunması ve membranlardan kolayca geçebilmesi ile açıklanmaktadır. Bitkilerin dengeli beslenmesinde önemli bir öge olmakla beraber, bitki su tüketiminde, CO₂ özümlemesinde, enerji metabolizmasında ve yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin sentezlenmesindeki özel fonksiyonları nedeniyle bitkinin başta tuz ve su stresi olmak üzere çevresel stres türlerine karşı koyabilme yeteneğini ve toleransını arttırmaktadır. Potasyum enzimlerin aktive edilmesinde, protein sentezinde, fotosentezde ve hücre büyümesi boyunca bitkide ozmotik düzenlemeyi sağlayan bir elementtir.

Toprak tuzluluğu, kurak ve yarı kurak bölgelerde problem olmakla birlikte aşırı sulama yapılan ve drenaj problemi olan bölgelerde de problem olabilmektedir (Flowers, 1999). Bitkilerde Na toksisitesi birçok olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bunlar, hayati enzimlerin (özellikle antioksidant enzimlerin) azalmasına (Murguia ve ark.,1995), osmotik stres dolayısıyla bitkide su alımının azalmasına (Tarczynski ve ark., 1993) ve genellikle sodyumun potasyumla olan rekabeti nedeniyle K noksanlığına neden olabilmektedir (Kaya ve ark., 2002).

BİTKİ - SU - POTASYUM İLİŞKİSİ

Bilindiği gibi tuzlu koşullarda yetişen bitkilerde görülen ve metabolik faaliyetleri önemli derecede sınırlayan faktörlerden birisi de su stresidir. Bitkilerde su dengesi üzerine K olağanüstü bir öneme sahiptir. Potasyum alımı ve birikimi sonucu ozmotik potansiyel artmakta ve buna bağlı olarak hücreye daha fazla su girişi olmaktadır. Bu olay transpirasyon sonucu kaybedilen su nedeniyle ksilem iletim demetlerinde negatif basınç eksilmesi nedeniyle köklerde bir emme kuvveti oluşması ve hücreye ozmotik kurallar dahilinde su giriş hareketiyle özdeş bir durumdur. Bitkide K miktarı yeterli düzeylerde ise transpirasyon da kontrol altına alınmakta, stomaların açılış ve kapanış hareketleri de özelleşmiş stoma hücrelerindeki K miktarı ile doğrusal bir ilişki göstermektedir. Mekanizma, özelleşmiş stoma kapatma hücrelerinde K birikmesi sonucu su potansiyelinin düşmesi ve buna mukabil hücreye su girmesi ve yine bu hücrelerde K eksilmesi sonucu şeker ve nişasta birikmesi nedeniyle su potansiyelinin artmasına dayanmaktadır. Tuzlu koşullarda bu mekanizma ozmotik kurallar gereği suyun alınamamasına bağlı olarak aksamakta, ancak ilave K sağlanması durumunda, bozulmuş olan hücre içi elektrolitik denge düzelmekte, aynı membran bağlama yörelerinde Na ile rekabet edecek

K miktarı artmakta ve bozulmuş olan hücre içi Na/K dengesi yeniden ayarlanarak metabolik faaliyetler düzene girebilmektedir. Potasyumun stoma fizyolojisi üzerindeki etkisi Çizelge 1 de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Fasulye bitkisinde stoma kapatma hücrelerinin karakteristiği ve stomatal açıklık arasındaki ilişki (Marschner, 1995)

	Stomatal Açıklık (µm)	Her stomadaki miktar (10 ⁻¹⁴ mol)		Kapatma hücresi volümü (10 ⁻¹² L/her stoma)	Kapatma hücresi ozmotik basıncı (MPa)
		K ⁺	Cl ⁻		
Açık stoma	12	424	22	4,8	3,5
Kapalı stoma	2	20	0	2,6	1,9

Tuzlu ortamlarda yetiştirilen bitkilerde bitkiye ilave olarak sağlanan K miktarı ile bitki verim ve kalite özellikleri arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Ancak besin çözeltisine katılacak veya diğer yollarla verilecek olan potasyumun hangi formda ve ne düzeyde uygulanacağı da büyük önem taşımaktadır. Esasında kendisi de bir tuz olduğundan verilecek form ve dozun iyi ayarlanması gerekmektedir. Uygun olmayan potasyum desteği EC yükselmesi nedeniyle beklenen faydayı sağlayamaz tam tersi olumsuz etkilere neden olabilir. Bu durumu açıklayıcı bazı özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Tuzlu şartlarda K seviyeleriyle ilişkili olarak domates verimi (g/bitki) (Yurtseven ve ark., 2005)

Su tuzluluk seviyesi (dS/m)	0 mM K	5 mM K	10 mM K
0.25	1880	1261	1394
2.50	1157	918	1218
5.00	633	744	604
10.00	268	223	215

Tablodan da görüleceği gibi sulama suyu tuzluluğunun artmasıyla K verilmeyen grupta meyve verimi azalmış, ancak K oranının arttırılmasıyla verimdeki azalma şiddetli olmamıştır. Potasyumdan en fazla yarar 5 dS/m tuz seviyesinde elde edilmiştir. Bu sonuç, doz ve form ayarlamasının önemine işaret etmektedir. Çalışmada kullanılan K kaynağı KCl’dir.

Potasyum, kuraklık stresindeki bitkilerde de rezistans geliştirmekte ve diğer metabolik faaliyetleri desteklemektedir. Egilla ve ark. (2001) *Hibiscus rosa-sinensis* L. bitkisi üzerinde K₂SO₄ formunda ve besin solüsyonuna 2.5 ve 10 mM düzeylerinde vererek yaptıkları bir çalışmada K verilmeyen grupta kuraklık şartlarında kök gelişmesinin ve kök yaşam süresinin kısa olduğu, ancak uygun K sağlanması

durumunda bitkide kuraklığa dayanıklılık geliştiği ve kök yaşam süresinin arttığı rapor edilmiştir.

Su stresindeki bitkilerde osmoregülasyon eksikliği nedeniyle metabolik faaliyetlerdeki yavaşlamaya bağlı olarak verimde de düşüş gözlenmektedir. Su stresi altındaki arpa bitkisine K sağlanmasına bitkinin verimsel cevabı araştırılmış ve K'un su stresi şartlarında dane verimini arttırdığı rapor edilmiştir. Tam sulanan bitkilerde bile en düşük K dozlarında dane verimi %20 azalmıştır. Artan K uygulamalarıyla bitkinin su kullanma etkinliği de artış göstermiştir (Jensen ve Tophoj, 1985).

BİTKİ - TUZ - POTASYUM İLİŞKİSİ

Toprak tuzluluğu bitkilere direkt olarak zararlı etkilerde bulunduğu gibi dolaylı olarak da etkilemektedir. Önceki sayfalarda anlatılan su ve kuraklık stresi aslında tuz stresinin de dolaylı bir sonucudur ve bu abiyotik stres çeşitlerini birbirlerinden kesin çizgilerle ayırmak mümkün değildir. Gerek tuz ve gerekse su streslerinde bozulan temel işlev osmoregülasyon olduğundan, bu işlevi geri kazandıracak yollar düşünülmelidir.

Tuzlu şartlarda yetiştirilen bitkilerde verim kaybını önlemek ve bozulan osmoregülasyonu yeniden sağlamak temel hedef olmalıdır. Tuz stresine maruz kalmış bitkilerde verimdeki azalışın diğer bir nedeni de iyon dengesindeki bozulmadır. Bitki dokularında element bağlama yörelerinde Na ile özellikle K ve Ca gibi diğer katyonik elementlerin rekabete girmesinden dolayı Na/K ve Na/Ca dengesi hızla bozulmakta, ve bu elementlerin alınımı ve taşınımı azalmaktadır. Bir çeşit K noksanlığı yaratan bu durum, bitkide osmoregülasyonu bozmakta, enzimlerin aktivasyonunu engellemekte ve metabolizma olumsuz etkilenmektedir. Bu gibi durumlarda dışarıdan potasyum takviyesi acil ve gerekli bir koşuldur. Bu koşul yerine getirildiğinde bitkinin stresten etkilenme derecesi azalmaktadır. Cramer (2002) Na etkisine maruz bırakılmış kültür bitkilerine dışarıdan takviye olarak verilen 5-20 mM katyonik elementlerinin bitkide strese toleransı arttırdığını bildirmektedir. Beringer ve Trollenier (1979), tuz stresi altındaki fasulye bitkisine destek olarak verilen 3,5-14,1 mM KCl'in bitki yaş ağırlığını, K ve Cl kapsamını ve ozmotik basıncı arttırdığını bildirmektedir. Ozmotik basınçtaki artış özellikle Cl'dan ileri gelmiştir. Bu durum da K ve Ca gibi katyonik elementlerin bağlı olduğu bileşiklerin hasasiyetle seçimini gerektirmektedir.

Tuzluluğun başta gelen zararlı etkisi direkt veya dolaylı yollardan Na katyonu ile gerçekleştirildiğinden, bitki dokularındaki Na'un ayarlanması ve eliminasyonu büyük önem taşımaktadır. Şöyle ki, (1) kök boyunca iyon taşınımının kontrolü için plazmalemmada seçici K alınımları ve K salgılanma süreci çalışmalıdır. (2) Sodyumu vakuollerde tutmak ve stoplazmaya geçişini önlemek için tonoplastlarda Na/K değişim reaksiyonları gerçekleşmelidir. (3) Ksilemden sodyumun tekrar absorpsiyonu ve ksilem parankima hücrelerinde Na ile K'un yer değiştirme reaksiyonu gerçekleşmelidir. (4) K, köklerden alınamıyor ise yapraktan verilerek K eksikliğinde dokularda sodyumun birikmesi önlenmelidir. Tuzlu koşullarda bitki K alımı da, su stresi ve su yetersizliği nedeniyle azaldığından, alternatif K beslenmesi önem taşımaktadır (Kemmler ve Kraus, 1971).

Köklerden potasyum alınımları sürecinde K/Na interferensi oldukça büyük önem taşımaktadır. Toprak çözeltisindeki yüksek miktarlarda Na, K alınımlarını azaltmaktadır. Tuzlu şartlarda bitkilere K sağlanması olgusu, kök tüylerindeki plazmalemmalardaki Ca'un yerine Na geçmesi ile daha da kötüleşmektedir. Ca'un yer değiştirmesinden sonra, membran sisteminin ayrışmasına bağlı olarak köklerden dışarıya doğru K akımı oldukça artmaktadır.

Farklı tuz uygulamalarına maruz bırakılan mandarin ağaçlarına fertigasyon ile uygulanan farklı potasyum seviyelerinin etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak K uygulamaları ile bitki su potansiyeli, relativ turgidite, stoma yoğunluğu ve net CO₂ asimilasyonu parametreleri arasındaki ilişki test edilmiş, K oranları arttırıldıkça su potansiyeli düşerken relativ turgidite değişmemiş, stoma yoğunluğu ve net CO₂ asimilasyonu yükselmiştir (Anaç ve ark., 1997).

Tuz stresi altında bulunan bitkilerde K uygulamalarına diğer bir örnek de biber bitkisinde KNO₃ uygulamasıdır (Kaya ve Higgs, 2003). Çizelge 3'den inceleneceği üzere yüksek NaCl oranı bitki su kullanım oranını düşürürken, diğer metabolik parametreleri de olumsuz etkilemiştir. Göze çarpan diğer önemli bir husus da elektrolit dengesizliğidir. Na/K oranı kontrol grubunda 0,06 iken, NaCl grubunda 1,61'e yükselmiş, KNO₃ grubunda ise 0,36'ya düşmüştür. Hücrede Na/K oranındaki açılma tuz stresi altındaki bitkilerde düzensiz ozmoregülasyon ve elektrolitik dengesizliğe güzel bir örnektir.

Çizelge 3. NaCl etkisi altındaki biber* bitkisinde KNO₃'ün etkisi (Kaya ve Higgs, 2003)

	Kontrol	Kontrol + NaCl (3,5 g NaCl/kg toprak)	NaCl + KNO ₃ (1g/kg)
Total kuru ağırl. (g/bitki)	37,4	22,7	34,4
Total klorofil (mg/kg)	1,775	1,251	1,595
EC (%)	9,8	45,2	13,2
Bağıl su kapsamı (%)	95	72	90
Bitki su kull. (ml/bitki/gün)	750	278	625
Na (% KM)	0,19	1,63	1,08
K (% KM)	3,05	1,01	2,96

*Çeşit: 11B14; KM: Kuru maddede

NaCl stresi altında bulunan mısır, domates, lahana, greyfurt ve marul bitkilerinde KNO₃'ün 1-14 mM arasındaki dozlarının stresi hafifletmedeki etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada da; potasyumun bitkilerin strese karşı koyma güçlerini artırdığı bildirilmiştir. Greyfurt denemesinde 6.6-18 mM Cl uygulanmasıyla beraber ağaçlarda verim düşüklüğü saptanmış, sulama suyuna 2 mM KNO₃ eklenmesi ağaçlarda tuza toleransı arttırırken meyve verimi %30 artmıştır. Besin solüsyonuna karıştırılan 50 mM oranındaki NaCl, pazarlanabilir domates verimini, yaprakların K kapsamını, meyve tutum oranını, çiçek miktarını, bitki kuru ağırlığını, meyve ağırlığını ve bitki boyunu önemli derecede azaltmıştır. Tuzlu besin çözeltisine 2, 4 ve 8 mM oranlarında ilave edilen KNO₃ , meydana çıkmış olan olumsuz etkileri, besin çözeltisindeki EC artışına rağmen iyileştirmiştir (Achilea, 2002).

Bohra ve Doerffling (1993), NaCl stresi altındaki hassas ve tolerant pirinç bitkisi varyetelerinde toprağa uygulanan potasyumun stres şartlarına etkisini araştırmışlardır. K uygulamasına en iyi yanıtın tuza hasas çeşitten alındığı denemede elde edilen bulgular özet olarak Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. NaCl stresi altındaki farklı pirinç varyetelerinde Potasyum'un rolü (Bohra ve Doerffling, 1993)

Fotosentez aktivitesinde artış	+
Başakların dane doldurma %'si	+
Ürün verimi	+
Samanın K kapsamı	+
Samanın Na ve Mg kapsamı	-
K/Na, K/Mg, K/Ca oranlarında iyileşme	+

Bar-Tal ve ark (1991), sulanan mısır bitkisinde Potasyum - NaCl interaksyonunu üzerine çalışma yapmış ve aşağıda özetlenen yargılara varıldığını rapor etmiştir.

- a) Bitkilerin potasyum alımları yüksek tuzluluk ve toprak çözeltisindeki Na iyonları tarafından engellenmektedir.
- b) K alınımları ile bitki hücre ve organları yoluyla K akümüülasyonunun, Na ile Na/Ca oranları nedeniyle olumsuz etkilendiğine yönelik bir çok kanıt bulunmuştur. Tuz toleransı bitkilerin K seçiciliği ve aşırı Na alımı ile de ilişkilidir.
- c) Potasyum uygulamaları kültür bitkilerinde tuzluluğa toleransı arttırmaktadır.
- d) NaCl stresi altındaki mısır bitkisinde tuzluluğun verdiği hasar K gübrelemesiyle azaltılmıştır.
- e) Saksılara 0-15-30 mM potasyum uygulaması yapılmıştır.
- f) Sulama suyunda artan tuzlulukla beraber verimde azalma görülmüştür.
- g) Sulama suyunun tuz oranları 4, 20 and 40 mmol charge l⁻¹'dir.
- h) Tüm tuz seviyelerinde, ancak sadece düşük potasyuma sahip kumlu toprakta potasyum ürün verimini önemli derecede arttırmıştır.
- i) Potasyum gübrelemesi tuzluluğun mısır bitkisi üzerindeki tüm olumsuz etkilerini tam olarak yok edememiş ancak bitki K içeriğini ve Na/K oranını arttırarak faydalı olmuştur.

Tuz stresi altındaki bitkilerde tuzluluğun dolaylı bir etkisi olarak fazla miktarda serbest radikaller sentezlenmekte ve bu radikallerin yapabileceği dokusal hasarı önlemek için bitkide antioksidatif savunma mekanizması uyarılmaktadır. K noksanlığı gösteren bitkilerde H₂O₂ yıkıcı enzimlerin miktarları da azalmaktadır. İyi bilinen diğer bir husus da kuraklık, tuzluluk ve yüksek ışık gibi çeşitli stres koşullarında foto-oksidatif hasara karşı potasyumun koruyucu rolüdür. Çevresel stres koşulları altında, oksidatif zarara karşı kloroplastların korunmasında potasyum hayati öneme sahiptir. Oksidatif zarar, K noksanlığı gözlenen bitkilerde, kloroplast hasarı yanında kloroz ve nekrozdan sorumlu ana faktördür (Çakmak, 1997).

SONUÇ

- 1) Potasyum besin elementi tüm kültür bitkileri için stres şartlarına uyumu kolaylaştırıcı bir etki göstermektedir.
- 2) Potasyumun stoplazmada optimum oranları, hem hücre içi elektrolitik dengeyi sağlamakta, hem de fazla miktardaki Na iyonları için aynı membran bağlama yörelerinde rekabet sağlama gücünü arttırmaktadır.
- 3) Potasyum stres altındaki bitkilerde "ozmoregülasyonu" kolaylaştırarak bitkinin besin maddesi ve su alımına katkıda bulunmakta ayrıca bitki su tüketimini dengelemektedir.
- 4) Stres altındaki bitkilere ilave sağlanacak potasyum verilirken, uygun doz ve form ayarlaması, besin çözeltisinin EC kontrolü açısından önem taşımaktadır. Uygun dozlar çoğunlukla mM düzeylerinde ve bitki türüne göre değişmektedir.

KAYNAKLAR

- Achilea O., 2002. Alleviation of salinity - induced stress in cash crops by multi-K (potassium nitrate), five cases typifying the underlying pattern. ISHS Acta Horticulturae 573. International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity. 30 March 2002, Antalya, Turkey.
- Anaç D., Aksoy U., Anaç S., Hepaksoy S., Can Z., 1979. Potassium and leaf water relations under saline conditions, Sci. Reg. IPI satellite prog.
- Bar-Tal A, Feigenbaum S, Sparks DL.1991. Potassium-salinity interactions in irrigated corn.Irrigation Science, 12:1, 27-35.
- Ben-Asher J, Pacardo E. 1997. K uptake by root system grown in saline soil: a conceptual model and experimental results. In: Proc. Regional Workshop of the International Potash Institute, Bornova, Izmir, Turkey, 26-30 May 1997, pp. 360- 369.
- Beringer H, Trolldenier G., 1979. Influence of K nutrition on response to environmental stres, Proc.int workshop "Role of K in crop production" Cairo, 20-22 Nov 1979, pp.115-124, Eds. A. Saurat and M. M. El Fouly.
- Bohra J. S., Doerffling K., 1993. K nutrition of rice (O. sativa L.) varieties under NaCl salinity. Plant and Soil. 152:2, 299-303.
- Cakmak I., 1997. Role of Potassium in protection of higher plants against photo-oxidative damage. In: Proc. Regional Workshop of the International Potash Institute, Bornova, Izmir, Turkey, 26-30 May 1997.

- Cramer G. R., 2002. Calcium-sodium interactions under salinity stress. In: Salinity. Environment-Plants-Molecules. Eds. A. Läuchli and U. Lüttge. Kluwer Academic Publishers, Invited Review (in press)
- Egilla J. N, Davies F. T, Malcolm C. D., 2001. Effect of K on drought resistance of *Hibiscus rosa-sinensis* cv. Leprechaun: Plant growth, leaf macro- and micronutrient content and root longevity. *Plant and Soil*, 229:2, 213-224.
- Flowers T. J., 1999. Salinisation and horticultural production. *Sci. Hort.* 78, 1-4.
- Jensen J. R, Tophoj H., 1985. Potassium induced improvement of yield response in barley exposed to soil water stress. *Irrigation Science*, 6:2, 117-129.
- Kaya C, Higgs D, İkinci, A., 2002. An experiment to investigate ameliorative effects of potassium sulphate on salt and alkalinity stressed vegetable crops. *Journal of Plant Nutrition* 25:11, 2545-2558.
- Kaya C, Higgs, D., 2003. Supplementary Potassium Nitrate Improves Salt Tolerance in Bell Pepper Plants, *Journal of Plant Nutrition*, 26:7, 1367-1382.
- Kemmler C, Krauss, A., 1971. K and stress tolerance. Büntheof agric. Research station of Kali und Salz A. C. Bünteweg 8, D-3000 Hannover
- Marschner H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Acad. Press, London. 889 pp.
- Murguia J. R, Belles J. M, Serrano R., 1995. A salt-sensitive 3(2), 5-bisphosphate nucleotidase involved in sulfate activation. *Science*, 267, 232-2
- Tarczynski M. C, Jensen R. G, Bohnert H. J., 1993. Stress protection of transgenic tobacco by production of the osmolyte mannitol. *Science* 259, 508-510
- Yurtseven E, Kesmez, G. D, Unlukara A., 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central anatolian tomato species (*Lycopersicon esculantum*), *Agricultural Water Management* 78, 128-135.