

## TOPRAK TUZLULUĞU VE BİTKİ GELİŞİMİ

Hakan TURHAN  
Çanakkale 18 Mart Üniversitesi  
Ziraat Fakültesi  
Tarla Bitkileri Bölümü  
17100-Çanakkale

İsmet BAŞER  
Trakya Üniversitesi  
Tekirdağ Ziraat Fakültesi  
Tarla Bitkileri Bölümü  
59100-Tekirdağ

### Özet

Tarım alanlarında bitki gelişiminin ve verimliliğinin azalmasına yol açan en önemli çevre faktörlerinden birisi toprak tuzluluğudur. Ülkemizde ve dünyada tuzluluk problemi olan alanların miktarı günden güne artmaktadır. Tuzluluk problemine daha çok kurak ve yarı-kurak bölgelerde rastlanmakla birlikte aşırı nemli bölgeler, bataklıklar ve deniz kenarlarında da görülebilmektedir. Yanlış sulamanın yanında toprakta tuz birikimine neden olan diğer etmenlere bakıldığında kurak ve yarı-kurak bölgelerde ormanların yok olması, aşırı otlatma, çevre kirliliği, hava ve su yolu ile tuz taşınması sayılabilir. Tuzlu topraklarda bitkisel üretimin gerçekleştirilebilmesi için günümüzde iki önemli yaklaşım; 1) doğal olarak tuzluluğa dayanıklı yabani bitkilerin (halofitler) kültüre alınıp kullanılması ve 2) kültür bitkilerinin genetik olarak tuzluluğa toleranslarının artırılmasıdır. Tuzluluk nedeniyle henüz zarar görmemiş bölgelerde, stres faktörlerinin ortadan kaldırılması gerekir. Tuzluluğun giderilemediği veya toprak ıslahının mümkün olmadığı ekonomik olarak tam anlamıyla toprağa bağımlı olduğu durumlarda tuza dayanıklı bitkilerden yararlanılabilir. Klasik ıslah yöntemleri ile birlikte gen transferi, somoklonal varyasyon, mutasyon gibi biyoteknolojik yöntemler ile bitkilerde tuzluluğa tolerans artırılmaya çalışılmaktadır, fakat tam bir dayanıklılık sağlanamamıştır. Sonuç olarak tuzluluğa dayanıklılık için fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler genetik çalışmaları hep birlikte içeren bir ıslah programının uygulaması başarı oranını arttıracaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Tuzluluk, Osmotik Stres, İyon Zehirlenmesi, Bitki Islahı, Tuzluluğa Tolerans

### Salinity and Plant Growth

#### Abstract

Salinity is one of the most severe environmental factors in agriculture that limits plant growth and productivity. There is an increase in amount of salt affected soils in the World and Turkey. The salinity problem occurs in arid and semiarid regions; sometimes it can also occur in high humidity climate, marshes and seashores. In addition to mismanagement irrigation, deforestation in arid and semiarid areas, overgrazing, contamination with chemicals as a result of environmental pollution, transportation of air-borne and water-borne salts could cause salinization in the soil. Today two important approaches for sustaining sufficient plant production in salt-affected soils, these include; 1) cultivation and use of potential wild plants and crops, 2) improvement of salinity tolerance in crop plants. In the areas that have not yet diminished by salinization, stress factors should be eliminated. The soils in where preventive and reclamation procedures can not be undertaken and economically depending on agricultural production, in these areas salt tolerant crops could be grown. Salinity tolerance of crops was partially, but not completely, increased by using conventional plant breeding methods combining with biotechnological methods such as genetic transformation, somoclonal variation and mutation. As a result, a plant-breeding programme with integration of physiology, biochemistry and molecular genetics aspects would be more appropriate for the development of salt tolerant crops.

**Keywords:** Salinity, osmotic stress, ion toxicity, plant breeding, salt tolerance

### 1. Giriş

Toprak yaşamımızda önemli bir yer alır. Üzerinde yaşar, üzerinde yetiştirdiğimiz bitkileri dolaylı veya doğrudan beslenmemizde kullanır ve son olarak da atıklarımızı üzerine boşaltırız. Optimum bitkisel üretim için uygun toprak ve çevre koşullarının sağlanması gerekir. Fakat bazen bitkilerde verim düşüklüğüne ve hatta ölümlere yol açan olumsuz çevre ve toprak

koşulları oluşabilmektedir. Tarım alanlarında bitki gelişiminin ve verimliliğinin azalmasına yol açan en önemli çevre faktörlerinden birisi toprak tuzluluğudur. Toprak tuzluluğu teriminden bitki yaşamını olumsuz yönde etkileyecek miktarda toprağın tuz içermesi anlaşılır. Yoksa bitkiler türe bağlı olarak yaşamları için uygun miktarlarda topraktaki tuza

gereksinim duyarlar.

Ülkemizde ve dünyada tuzluluk problemi olan alanların miktarı günden güne artmaktadır. Dünyada tarım yapılan toprakların yaklaşık % 10'unda (1.5 milyar ha) bu problem yaşanmaktadır (Francois ve Maas, 1994). Aslında bu problemin geçmişi 4000 yıl önce Mezopotamya'da yaşamış olan Sümerler zamanına kadar dayanmaktadır (Jocabsen ve Adams, 1958).

Tarlalarda tuzluluğun yanında benzer şekilde seralarda da tuzluluk problemi ile karşılaşmaktadır. Kaplan ve Akay (1995), seracılığın yoğun olduğu Akdeniz Bölgesinde sera topraklarında da, sulama suyundaki tuz iyonları nedeniyle tuzluluk problemi yaşandığını bildirmişlerdir. Sönmez ve ark. (1999) da Akdeniz Bölgesindeki seralarda yaptığı bir araştırmada tuzluluğun nedeninin denize yakın alanlardaki tuzlu artezyen suyunun kullanımı olduğu, bu bölgelerde sulama suyunun kullanılmadan önce analiz edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Eğer kaliteli su veya bu tuzlu suların seyreltilmesi gibi olanakların olmadığı durumlarda ise en iyi yöntemin kanal ve kanalet sulama sisteminin yapılması olduğu ve bu yol ile topraklarda tuzlanma sorununun ortadan kaldırılabileceğini bildirmişlerdir.

Tuzluluk problemine daha çok kurak ve yarı-kurak bölgelerde rastlanmakla birlikte aşırı nemli bölgeler, bataklıklar ve deniz kenarlarında da görülebilmektedir. İçerik bakımından tuzluluk tipine bakıldığında ise NaCl ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en yaygını olup bunun yanında bazen Mg<sup>2+</sup>, CaSO<sub>4</sub> ve CaCl<sub>2</sub> tuzlarına da rastlanmaktadır (Szabolcs, 1994). Szabolcs (1994)'a göre geniş anlamda bu topraklar sınıflanırsa,

1. Kurak ve yarı kurak bölgelerde görülen hemen hemen nötr reaksiyonlu sodyum tuzları (yaygın olarak Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve NaCl, ve nadiren NaNO<sub>3</sub>) içeren tuzlu topraklar,
2. Hemen hemen tüm bölgelerde görülebilen alkali yapıdaki (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve NaHCO<sub>3</sub>, ve nadiren Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ve NaHSiO<sub>3</sub>) topraklar,
3. Genellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde CaSO<sub>4</sub> ve nadiren CaCl<sub>2</sub> tuzlarını içeren tuzlu topraklar,

4. Kurak, yarı kurak ve hatta yarı nemli bölgelerdeki ağır yapılı topraklarda magnezyum tuzlarının etkisindeki tuzlu topraklar.
5. Yaygın olarak bataklık yapısındaki bölgelerde ve deniz kıyı şeridinde genellikle Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> içeren asit sülfat tipi tuzlu topraklar.

Toprak tuzlanmasına karşı alınacak ilk tedbir tuzluluğa neden olan etmenlerin ortadan kaldırılmasıdır. Eğer bir bölgede toprak hali hazırda tuzlanmış ise yapılacak ıslah programı pahalı olmasının yanında zaman alan bir uğraştır. Bu derlemede tuzluluk bitki ve toprak ilişkileri açısından incelendiğinden tuzlu toprakların ıslahında uygulanan yöntemlere kısaca değinilmektedir. Bunların başında tuzun topraktan uzaklaştırılması yani toprağın yıkanması gelir. Yıkama işlemi bitki su kullanımının düşük olduğu serin iklimlerde yağmurlama sistemi kullanılarak sürekli göllendirme yerine aralıklı göllendirme uygulanarak yapılmalıdır (Sönmez ve Kaplan, 1997). Eğer topraklar yüksek oranda alkali ise pH kimyasal yöntemler ile düşürülebilir. Kalsiyum eksikliği görülen magnezyum tuzları içeren topraklarda ise her iki yöntem olan kimyasal madde uygulaması ve yıkama uygulanır. Benzer şekilde fazla miktarda kalsiyum iyonları (CaSO<sub>4</sub>) içeren topraklarda ise alkalin uygulaması yapılabilir. Yağış miktarı fazla olan bölgelerde (Doğu Karadeniz Bölgesi) görülen asitliği fazla olan topraklarda ise kireç uygulaması ile toprak asitliği düzeltilebilir.

## 2. Toprak Tuzluluğuna Neden Olan Etmenler

Toprak tuzluluğuna neden olan etmenlerin en başında kültürel işlemlerden sulamada ve gübreleme de yapılan yanlışlıklar gelmektedir. Günümüzde çoğu tarım alanı bu nedenle tuzluluk sorunu ile karşı karşıyadır. Sadece uzun yıllardır sulama yapılan topraklar değil, aynı zamanda son yıllarda sulanmaya başlanan topraklarda da bu tehlike söz konusudur. Aşırı ve uygun zamanda yapılmayan sulama

taban suyundaki tuzların, buharlaşma sonucu toprak yüzeyinde birikmelerine yol açar. Diğer yandan kalitesiz ve tuzlu suların sulama suyu olarak kullanılmaları da problemin büyümesine etkili olur. Bir de yeterli barajların olmaması nedeniyle kontrol edemediğimiz sel felaketleri de toprakta tuzlanmaya neden olabilir.

Sulamanın yanında toprakta tuz birikimine neden olan diğer etmenlere bakıldığında kurak ve yarı-kurak bölgelerde ormanların yok olması, aşırı otlatma, çevre kirliliği, hava ve su yolu ile tuz taşınması sayılabilir. Ormanların yok edilmesi ve aşırı otlatma sonucu toprak yüzeyi boş kalacağından taban suyu veya hava yolu ile toprak yüzeyine tuz taşınması olmaktadır. Tuzlanma yanında bu alanlarda toprak erozyonda sorun olmaktadır. Dünyada endüstriyel gelişime paralel olarak akarsuların tuz içeren kimyasal atıklarla kirlenmesi ve daha sonra bu suların sulama suya olarak kullanılması topraklarda tuzlanmaya yol açmaktadır.

Hali hazırda tuzluluk problemi olan toprakların yanında tuzlanmaya başlayan topraklar tarım açısından daha kaygı vericidir. Çünkü bitkisel üretimin büyük bir kısmı bu topraklar üzerinde yapılmaktadır. Bu gibi alanlarda önlem alınmadığı takdirde gelecekte bitki veriminde ve kalitesinde önemli düzeydeki düşüşler kaçınılmaz olacaktır.

### 3. Tuzluluğun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Tuzluluğa dayanıklılık türden türe farklılık gösterdiği gibi aynı türün farklı çeşitleri arasında da farklılıklar vardır. Bitkiler tuza dayanım bakımından Halofitler ve Glikofitler olmak üzere iki önemli gruba ayrılır (Mayber ve Lerner, 1994). Bu iki grubu kesin bir çizgiyle ayırmak mümkün olmasa da tüm yaşama sürelerinin her kademesinde kritik tuz yoğunluğuna (% 0.5  $\equiv$  88 mM NaCl) dayanabilen bitkiler halofit olarak isimlendirilmektedir. Fakat Flowers ve ark. (1977) bu sınırı 300 mM NaCl olarak bildirmiştir. Bu halofitlerin hem tuzlu hem de glikofitlerin yetiştiği ortamlarda yetiştiği anlamına gelmekle birlikte bazı halofitler

(*Salicornia spp.* gibi) NaCl içermeyen ortamlarda yetişmemektedir. Halofitler tuza dayanıklı olmalarına rağmen çoğu yabani olarak yetişirler, çok azı yem bitkisi olarak hayvan beslemede kullanılmakta, fakat besin değeri de düşük olmaktadır. Diğer yandan tüm önemli kültür bitkileri glikofitler grubunda yer alır. Bunlar içinde tuza dayanıklılık bakımından arpa ve pamuk ön plana çıkmaktadır. Halofit bitkileri glikofitlerden ayıran özelliklerin ne olduğunun belirlenmesi tuza dayanım mekanizmalarının açıklanmasında bazı ipuçları verebilir. Bu amaçla halofitler üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır (Flowers ve ark., 1977; Reed ve ark., 1981; Yeo ve Flowers, 1986).

Bitkilerin büyük bir kısmı aynı anda iki farklı ortamda yaşamını sürdürür. Kök sistemi toprak içinde diğer yeşil aksamı ise toprak üzerinde yani atmosferdedir. Toprak üstü organları köklerin topraktan aldığı su, mineral maddeler, azotlu bileşikler ve diğer bazı maddeleri kullandığı için köklere bağımlıdır. Diğer yandan ise köklerde toprak üstü klorofil içeren organların fotosentez sonucu ürettikleri besin maddelerine gereksinim gösterirler. Sonuç olarak kök ve toprak üstü organlar ayrı ortamlarda bulunmalarına rağmen birbirine bağımlıdır. Kök ortamındaki veya topraktaki olumsuz bir gelişme bitki yaşamını da olumsuz etkiler. Mayber ve Lerner (1994)'in de belirttiği gibi kök toprakta bir algılayıcı görevi yapmaktadır.

Genellikle tuzluluktan toprak üstü organlar köklere oranla daha çok etkilenir. Hatta yapılan bir araştırmada bir glikofit olan bezelye ve halofit olan *Kosteletzkya virginica* kökleri NaCl uygulananlarda hiç tuz uygulanmayanlara oranla daha fazla uzama göstermiştir (Hasson ve Poljakoff-Mayer, 1981; Blits ve Gallagher, 1988). Fakat sürekli yüksek dozda tuzluluğa maruz kalan bitkide toprak üstü aksamı azalacağı ve fotosentez sonucu köklerin gelişimi için gerekli besin maddeleri üretilemeyeceği için sonuçta kök gelişimi de olumsuz etkilenir ve hatta bitki yaşamını yitirebilir. Tuzluluğa dayanıklı bitkiler grubunda kabul edilen ıspanakta yapılan bir çalışmada tuzluluğun yaprakların fotosentez potansiyelinde herhangi bir azalmaya yol açmadığı,

fotosentezdeki azalmaya stoma iletkenliği ve yaprak alanının azalması gibi faktörlerin etkili olduğu saptanmıştır (Robinson ve ark., 1983).

Toprak tuzluluğunun bitki gelişimi üzerine olumsuz etkisinin yanında topraktaki mikroorganizma faaliyetlerini de olumsuz etkilemektedir (Garcia ve Hernandez, 1996). Bitki gelişimi açısından baktığımızda tuzluluğun bitkiler üzerine genel anlamda olumsuz etkisi kuraklık stresi (osmotik stres) ve iyon zehirlenmesi olarak iki grupta toplanabilir.

### 3.1. Osmotik stres

Ortamdaki fazla tuz yoğunluğu, toprak suyu enerjisinde azalmaya yada osmotik basıncın artmasına neden olur. Bitki hücrelerindeki su potansiyelini çevre koşullarındaki ile eşitlemeye çalışır. Bitki hücresi ve çevre ile ilgili ilişki şu eşitlikle özetlenebilir (Jacoby, 1994).

$$\Psi_w^0 = \Psi_w^i = \Psi_\pi^i + \Psi_p$$

$\Psi_w$  : Su potansiyeli

$\Psi_\pi$  : Osmotik potansiyel

$\Psi_p$  : Turgor

<sup>0</sup> : Hücre dışı

<sup>i</sup> : Hücre içi

Tuzlu çevrenin su potansiyelini o çevredeki tuz konsantrasyonu belirler. Düşük su potansiyeline sahip bir çevrede bırakılan bir bitki hücresi su kaybederek çevre ile su potansiyeli düzeyini eşitlemeye çalışır. Dolayısıyla hücre içi osmotik potansiyelde ve turgorda azalma olur. Hücre duvarı olmayan alglerde ise bu mekanizma olmadığı için eşitlikten de anlaşılacağı gibi hücre içi su potansiyeli ( $\Psi_w$ ) hücre içi osmotik potansiyele eşittir. Bu gibi hücrelerde çevrenin su potansiyeli azaldığında bunu takiben hücre su kaybettiği için hücre içi potansiyelde ve hücre hacminde azalma olur.

Turgor bitki hücrelerinin genişlemesi ve büyümesi için temel faktörlerden biridir. Bunu bir eşitlikle gösterirsek (Salisbury ve Ross, 1992; Cossgrove, 1989);

$$G = m(\Psi_p - y)$$

G büyüme oranını, m hücre duvarının esnekliği ve y hücre büyümesi için gerekli olan minimum turgoru gösterir. Tuzlu bir ortamda eğer turgor düzenlenmese yani turgor ( $\Psi_p$ ) gerekli olan minimum turgordan (y) küçük olursa bitki büyümesi durur. İşte tuzluluğa tolerans gösteren bitkiler turgorlarını tolerans düzeyleri kadar düzenler veya hücre duvarı esnekliğini ve gerekli olan minimum turgoru ayarlarlar. Bisso ve Gutknecht (1980) göre ortamın tuzluluğunun artması veya ortam su potansiyelinin azalması hücreden suyun dışarı doğru hareket etmesine, turgorun azalmasına ve hücre içi ve dışı su potansiyelinin eşitlenmesine neden olur. Turgordaki azalma bitki plazma zarında bulunan bir turgor algılayıcısı tarafından saptanır. Algılanan bu sinyal eriyik toplanması veya sentezi gibi bazı biyokimyasal olayların başlamasını sağlar. Dolayısıyla hücre içindeki eriyiklerin artması sonucu su akışı, hücre içi su ve osmotik potansiyelindeki bu hızlı düşüş turgor basıncının normale dönmesini sağlar. Tuzluluğa maruz kalmış hücre duvarı olmayan canlılarda turgor düzenleme mekanizması olmadığı için sadece hücre büyüklüğü korunmaya çalışılır.

### 3.2. İyon zehirlenmesi

Tuzluluk problemi görülen topraklarda en sık rastlanan tuz formu sodyum klorürdür (NaCl). Daha önce patateste yapılan in vitro ve in vivo çalışmalarında ortamdaki tuz konsantrasyonu arttıkça bitkideki, özellikle yeşil aksamındaki,  $\text{Na}^+$  içeriği de artmıştır (Turhan, 1997). Johnson (1991) fazla tuzun önce köklerde depolanıp ve daha sonra toprak üstü organlara transfer edildiğini bildirmiştir. Hücredeki  $\text{Na}^+$  iyonunun artması örneğin  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  gibi diğer bazı iyonların alımını engelleyebilir. Domateste yapılan bir çalışmada tuzluluğun  $\text{Ca}^{2+}$  eksikliğine yol açtığı saptanmıştır (Geraldson, 1957).

NaCl içeren bir ortama Polyethylene glycol (PEG) ilavesi çeltikte NaCl'nin



toksitesini azalttığı ve bunun nedeninin de PEG'in molekül yapısından dolayı kuraklık oluşturduğu ve bitkilerin NaCl alımını engellediği saptanmıştır (Yeo ve Flowers, 1984).

Tuz stresi genel anlamda bitki gelişimini sınırlaması bitki metabolizmasındaki zararlı yaşamsal etkilerden kaynaklanmaktadır. Bunlar osmotik dengenin bozulması, bitki besin maddelerinin alımında dengesizlik, hücre büyümesi ve bölünmesinin sınırlanması (Maas ve Nieman, 1978), protein ve nükleik asit sentezinde azalmalar (Ram ve Nabors, 1985), fotosentezde azalma, organik eriyik birikimi, enzim aktivitesi, hormonal denge, dokularda zedelenme ve son olarak ta bitkilerin toprak suyunu kullanamamaları sayılabilir.

#### 4. Tuzluluğa Dayanım Mekanizmaları

Bitkilerin tuz stresine yanıtları kompleks bir olaydır. Çünkü bitkiler farklı tuz iyonlarına farklı yanıt verdiği gibi bir türün farklı gelişim dönemindeki yanıtı da farklı olabilmektedir. Örneğin, bir baklagil yem bitkisi olan *Stylosanthes humilis* çimlenme dönemine göre erken gelişme döneminde tuzluluğa karşı daha duyarlıdır (Lovato ve ark., 1999). Buna ek olarak ta ortamda bulunan diğer iyonlarla tuz iyonlarının interaksyonu, sıcaklık ve nem gibi çevre faktörlerinin değişkenliği de bu kompleks mekanizmada etkili olmaktadır. Bu nedenle de bitkiler arasında farklı dayanıklılık mekanizmaları vardır. Bunların başında morfolojik olarak adaptasyon mekanizmaları gelir. Örneğin, tuz stresine maruz kalmış bitkilerde yaprak sayıları ve boyutları küçülür buna karşılık yaprağın ve yaprak üzerindeki mumsu tabakanın kalınlaşması sonucu yaprak skulent bir yapı alır. Bu skulent yapıya Cl içeren tuzluluklar yol açar (Longstretch ve Nobel, 1979). Polisad hücrelerinin genişlemesi nedeniyle oluşan skulent yapı aslında bitkinin hücre içindeki iyon yoğunluğunu ve aynı zamanda yaprak yüzeyini azaltarak strese dayanımını artırmak istemesinden kaynaklanmaktadır. İlave olarak bu kaygan yapı denizden veya göllerden rüzgar yolu ile gelen tuzlu su

damlacıklarının bitki üzerinde tutulmaması veya yıkanması yolu ile tuzun bitkiye doğrudan teması ile zararını önler.

Diğer bir yapısal değişim ise iletim dokularının azalmasıdır. Bunun nedeni ise bitki içinde su iletimini azaltmak ve solunum yolu ile su kaybını azaltmaktır (Longstretch ve Nobel, 1979). Hücreler içinde su miktarının azalması tuz iyonlarının yoğunluğunu artırması demektir.

Araştırmalar tuz stresine maruz kalan bitkilerde toprak üstü kısmında büyük bir azalma görülürken köklerde ise bu azalma daha azdır (Hoffman ve ark., 1971; Yeo ve Flowers, 1980; Turhan, 1999). Bunun nedeni de yine bitki topraktan aldığı su miktarını sabit tutup yada alınabilirliği azalan sudan daha iyi yararlanmak için kök geliştirmekte buna karşılık toprak üstünde solunum yolu ile su kaybını azaltmak için toprak üstü kısmında ise küçülmeye gitmektedir.

Bitkide tuz hareketi genellikle tek yönlü yani topraktan bitkiye doğru olmakla birlikte çok az bir kısmı floem yolu ile köklere geri dönmektedir (Shannon ve ark., 1994). Bazen özellikle halofitlerde bitkiler tuz iyonlarını bazı organ ve vakuol gibi hücre organellerinde biriktirerek bitkinin tüm bünyesindeki tuz yoğunluğunu azaltırlar. Bazı bitkileri ise alt yapraklarında tuzu biriktir ve daha sonra bu yapraklar feda ederek fazla tuzu bitki bünyesinden uzaklaştırılır. Atriplex türleri ise yaprak yerine bitki sapları üzerinde tuz tüyleri denilen oluşumlarda bitki bünyesindeki fazla tuzu toplayabilirler (Mozafar ve Goodin, 1970). Diğer bir mekanizmada bitkilerin fazla tuzu dışarı atmasıdır veya bünyelerine az almalarıdır. Fakat sürekli tuzluluğa maruz kalan bitkilerin bünyelerinde tuz iyonları sonunda zararlı düzeye ulaşır.

Bitkilerin tuzluluğa yanıtlarında bir çok mekanizma rol oynamakla birlikte bunlarda hormonal denge tuzluluktan en çok etkilenen faktördür. Hormonal dengenin dağılımı bitki gelişiminin sınırlanmasında başlıca faktörlerden birisidir. Strese maruz kalan bitkilerde ilk gözlenen belirtilen büyümenin azalması ve stoma kapanmasıdır. Her iki olay hormonal etki altındadır (Nagvi, 1994). Yüksek konsantrasyonlarda NaCl içeren ortamlarda yetiştirilen bitkilerde bir

stres hormonu olan abscisic asit miktarında artışlar gözlenmiştir (Wolf ve ark., 1990). Proline, aynı şekilde su ve tuz stresine maruz kalmış bitkilerde osmotik düzenleyici olarak rol oynamaktadır.

## 5. Tuzlu Topraklarda Bitkisel Üretim

Sulu tarım yapılan toprakların önemli bir kısmı farklı düzeylerde tuzluluk sorunu ile karşı karşıyadır ve bitkisel üretimin büyük bir kısmı bu topraklar üzerinde yapılmaktadır. Dolayısıyla artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanması için bu alanlarda bitkisel üretimin sürdürülmesi önem kazanmaktadır. Tuzlu topraklarda bitkisel üretimin gerçekleştirilebilmesi için günümüzde iki önemli yaklaşım vardır; 1) doğal olarak tuzluluğa dayanıklı yabani bitkilerin (halofitler) kültüre alınıp kullanılması, 2) kültür bitkilerinin genetik olarak tuzluluğa toleranslarının artırılmasıdır.

Bir yağ ve tıbbi bitki olarak ekonomik potansiyele sahip ve bir halofit olan *Salvadora persica* tuzluluğa (200 mM NaCl'e kadar) oldukça dayanıklılık göstermektedir (Maggio ve ark., 2000). Ekonomik potansiyele sahip buna benzer bitki türleri, diğer kültür bitkilerinin tarımının yapılamadığı topraklarda yetiştirilebilir. Bu bitki türlerinden insan beslenmesi, hayvan yemi, yakacak, lif ve ilaç sanayi gibi farklı kullanım alanlarında yararlanılabilir (Carlsson, 1994). Özellikle tuzlanmaya yol açan nedenler ortadan kaldırılamadığı durumlarda bu tür bitkilerin tarımı ekonomik olarak yarar sağlayacaktır. Örneğin, deniz şeridinde bulunan tarım alanlarında tuzun rüzgar yolu ile denizden çok küçük su damlacıkları şeklinde taşındığı veya sulama suyunun tuzlu olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde bu yabani bitki türlerinin tarıma kazandırılması önemlidir. Bu nedenle uygun bitki türleri seçildikten sonra bir ıslah programı çerçevesinde amaca uygun olarak bu bitki türlerinin özellikleri iyileştirilmelidir.

Tuzlu topraklarda bitkisel üretimin yapılabilmesi için diğer bir seçenek tarımı yapılan kültür bitkilerinin tuzluluğa toleranslarının bitki ıslahı yoluyla

arttırılmasıdır. Bitkilerde mineral maddelerin alımı, depolanması ve kullanımı genetik olarak kontrol altında olmasının yanında çevre faktörleri ile sıkı bir ilişki gösterir (Chaubey ve Senadhira, 1994). Bir ıslah programında en iyi yöntemin belirlenmesi açısından strese toleransın kalıtımı hakkında bilgiye sahip olunması önemlidir. Geçmişte geleneksel yöntemlerle az da olsa tuzluluğa toleransının arttırıldığı bazı çeşitler geliştirilmekle birlikte (Cullins, 1991), günümüzde gen transferi gibi biyoteknolojik yöntemlerin kullanılması ile başarı olasılığı yükselmiştir (Turhan ve ark., 1995). Modern yöntemlerin kullanılmasında önce genellikle aynı türün tuzluluğa dayanıklı yabani formlarından yararlanılmıştır (Rush ve Epstein, 1976; Tal ve Shannon, 1983). Tuzluluğa dayanıklılık için bir ıslah programında stratejiyi belirlemek için öncelikle o bitkinin hangi mekanizmayı kullandığını bilmek gerekir. Bu karakterin birden fazla gen tarafından kontrol edilmesi durumu güçleştirmektedir.

Tuzluluk toprak suyunun kullanılabilirliğini azalttığı ve bitkilerde bir çeşit kuraklık stresi yarattığı bilinmektedir. Tuza dayanıklı bir bitki her zaman kuraklığa da dayanıklılık göstermeyebilir. Örneğin *Cocos nucifera* tuzluluğa iyi dayanım gösterirken kuraklığa aynı dayanımı göstermemektedir (Wood, 1995). Bunun tersini yani bir bitki kuraklığa dayanıklı olmasına rağmen tuz bileşiminde yer alan inorganik bir iyon (Cl veya Na gibi) duyarlı olabilir. Bu nedenle tuzluluğa toleranslı bir ideal bitkinin hem kuraklığa hem de iyon stresine dayanım göstermesi gerekir.

Bir ıslah programına başlamadan önce çeşitli olasılıklar değerlendirilmelidir. İlk olarak tuzluluk sorunu olan bu topraklarda ürün deseni değiştirilebilir. Örneğin, buğday tarımı yapılan bu alanlarda tuza daha dayanıklı olan diğer bir tahıl olan arpa yetiştirilebilir. Çünkü tuzluluğa dayanım gibi kompleks bir karakter açısından buğdayın arpa düzeyine getirilebilmesi zor ve uzun bir uğraş ister. Bunun yerine bu alanlarda arpa rahatlıkla yetişebiliyorsa arpa tarımına geçilmesi daha uygun olacaktır. Fakat bölgede yetiştirilen ürünlere göre bir sanayi gelişmiş ise veya bir ülkede o bitkiye/lere en uygun iklime yalnız bu

bölgenin sahip olması durumunda ürün deseninin değiştirilmesi zordur.

Bitki ıslah programında seleksiyon önemli bir işlemdir. İster klasik yöntemler isterse modern yöntemler kullanılsın hemen hemen her ıslah programında seleksiyon kullanılmaktadır. Klasik yöntemlerde tarla veya sera çalışmaları düzeyinde kullanılırken modern yöntemlerde in vitro koşullarda bitkicik, doku veya hücre düzeyinde kullanılmaktadır (Sivritepe ve Eriş, 1999). Hatta yabancı arparların tuzluluğa karşı toleransları belirlemede genetik markerlerin kullanılması ile moleküler düzeyde seleksiyon yapılmıştır (Jahromi, 1997). Bir bitkinin dayanımın bir bütün olaydır, her hangi bir hücresinin veya organının dayanıklı olması o bitkinin dayanıklı olacağını göstermez. Bu nedenle bir bitkinin hücre düzeyinde ters çevre koşullarına tolerans göstermesi tarla koşullarında da toleranslı anlamına gelmez. Bu nedenle hücre düzeyindeki seleksiyonlarda başarı oranı düşük olmaktadır. Buna ek olarak kontrollü koşullarda yani tuzluluk hariç diğer çevre koşullarının minimuma indirilmesi ile elde edilen sonuçlar bazen doğal koşullar ile uyum sağlamayabilir. Çünkü tuz stresinin şiddeti kültürel işlemler, sıcaklık, oransal nem gibi diğer çevre koşulları ile ilişki içindedir. Ayrıca bitkinin belirli gelişme döneminde dayanıklı olması diğer gelişme dönemlerinde de dayanıklı olacağını her zaman göstermez. Genetik açıdan tuzluluğa dayanım için bir ıslah programına başlamadan önce dikkate edilecek noktalar şöyle özetlenebilir:

1. Eğer mümkünse yöreye uygun ve tuzluluğa dayanıklı ürün deseninin seçilmesi
2. Hedeflenen çevre koşullarının belirlenmesi
3. Gerekli tolerans düzeyini belirlenmesi
4. Bitki hangi gelişme dönemine kadar yetiştirilecek
5. Bitkilerin tuzluluk stresine karşı performanslarının belirleneceği metot veya metotların saptanması
6. Test metotlarının kullanılmasında seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi
7. Kullanılacak genetik kaynakların

araştırılması

8. Geliştirilmek istenen bitki türünün tuzluluğa dayanım mekanizmasının ve kalıtımının belirlenmesi
9. Aynı türün yabancı formları veya diğer canlı organizmalar gibi çeşitli kaynaklardan yararlanılarak tuzluluk toleransına etki eden karakterlerin bölgede yetiştirilen çeşitlere geleneksel veya modern ıslah yöntemleri ile aktarılması
10. Elde edilen materyalin çeşitli iklim koşullarında ve farklı lokasyonlarda denenerek yeni bir çeşit olarak potansiyelini ve stabilitesinin belirlenmesi
11. Yeni çeşit adayının ürün kalitesi ve verim bakımından bölgede yetiştirilen diğer çeşitlerde rekabet edebilmesi
12. Son olarak da yeni bir çeşit için tescil işlemlerinin başlatılması

## 6. Sonuç

Dünyada ve ülkemizde yeni inşa edilen barajlar ve göletler ile sulama olanakları ve dolayısıyla sulanan alanların miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Bu da beraberinde bazı problemleri getirmektedir. Yanlış kültürel işlemler özellikle yanlış sulama sonucu bu alanlar tuzluluk problemi ile karşı karşıya kalmaktadır. Açık alanların yanında denize yakın seralarda da kalitesiz sulama suyunun kullanılması ve aşırı gübreleme tuzluluk problemine neden olmaktadır. Öncelikle hali hazırda tuzluluk problemi görülmeyen alanlarda çiftçilerin eğitimi yolu ile böyle bir problemin oluşması engellenebilir. Eğer tuzluluk problemi başlamış ise uygun kültürel işlemlerin yanında toprak ıslahına başlanmalıdır. Tuzluluğun giderilemediği veya toprak ıslahının mümkün olmadığı ekonomik olarak tam anlamıyla toprağa bağımlı olduğu durumlarda tuza dayanıklı bitkilerden yararlanılabilir.

Son yıllarda tuzluluğa dayanımın genetik temellerinin araştırılmasında gen mühendisliğinden yararlanılmaktadır. Bunun yanında gen transferi, somoklonal varyasyon, mutasyon gibi biyoteknolojik yöntemler ile bazı bitkilerde tuzluluğa

tolerans biraz geliştirilmesine rağmen tam bir dayanıklılık sağlanamamıştır. Sonuç olarak tuzluluğa tam bir dayanıklılık için fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler genetik çalışmalarını hep birlikte içeren bir ıslah programının uygulaması başarı oranını artıracaktır.

#### Kaynaklar

- Bisson, M. A. and Gutknecht, J., 1980. Osmotic regulation in algae. In: R.M. Spanswick, W. J. Lucas ve J. Dainty (Editors), Plant Membrane Transport: Current Conceptual Issues. Elsevier, Amsterdam, p. 131.
- Blits, K. C. and Gallagher, J. L., 1990. Salinity tolerance of *Kosteletzkya virginica*. I. Shoot growth, ion and water relations. Plant Cell Environment, 13: 409-418.
- Carlsson, R., 1994. Potential plants and crops for cultivation under moderately saline conditions. In: M. Pessarakli (Editor), Plant and Crop Stress. New York, USA, pp. 531-541.
- Chaubey, C. N and Senadhira, D., 1994. Conventional Plant Breeding for Tolerance to Problem Soils. In: A.R. Yeo ve T.J. Flowers (Editor), Soil Mineral Stresses. Approaches to Crop Improvement. Brighton, UK, pp. 11-29.
- Cossgrove, D. J., 1989. Characterization of longterm extension of isolated cell walls from growing cucumber hypocotyls. Planta, 177: 121-124.
- Flowers, T. J., Troke, P. F. and Yeo, A. R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes, Annual Review of Plant Physiology, 28: 89-121.
- Francois, L. E. and Maas, E. V., 1994. Potential plants and crops for cultivation under moderately saline conditions. In: M. Pessarakli (Editor), Plant and Crop Stress. New York, USA, pp. 531-541.
- Garcia, C. and Hernandez, T., 1996. Influence of salinity on the biological and biochemical activity of a calciorthid soil. Plant and Soil, 178: 255-263.
- Geraldson, C. M., 1957. Control of blossom-end rot of tomatoes. Proceedings of American Society of Horticultural Science, 69: 309-317.
- Hasson, E. and Poljakoff-Mayer, A., 1981. Does salinity induce early ageing of pea tissue? Oecologia, 50: 94-97.
- Hoffman, G. J., Rawlins, S. L., Garber, M. J. and Cullen, E. M., 1971. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. Agronomy Journal, 63: 822-826.
- Jacobsen, T. and Adams, R. M. 1968. Salt and silt in ancient Mesopotamian Agriculture. Science, 128: 1251-1258.
- Jacoby, B., 1994. Mechanisms involved in salt tolerance by plants. IN: M. Pessarakli (Editor), Plant and Crop Stress. New York, USA, pp. 3-11.
- Jahromi, P. H., 1996. Genetic studies on salt tolerance in barley (*Hordeum vulgare L.*), PhD. Thesis, The University of Reading, England, 150 S.
- Johnson, R. C., 1991. Salinity resistance, water retention and salt content of crested and tall wheatgrass accessions. Crop Science, 31: 30-734.
- Kaplan M., Sönmez, S., Çaycı G. and Baran A., 1999. The evaluation of saline soils reclamation processes used in greenhouses of the Kumluca-Fenike Regions. Proceedings of the International Symposium on Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates. Acta Horticulture, 486: 283-288.
- Kaplan M. and Akay S., 1995. Salinity of irrigation water of greenhouses and its effects on the soil salinity in Kumluca and Fenike Regions. Soil Fertility and Fertilizer Management 9<sup>th</sup> International Symposium of CIEC 25-30 September, Kuşadası, Turkey, pp. 379-384.
- Longstretch, D. J. and Nobel, P. S., 1979. Salinity effect on leaf anatomy. Consequences of photosynthesis Plant Physiology, 63: 700-703.
- Lovato, M. B, Filho J. P. L and Martins P. S., 1999. Growth responses of *Stylosanthes humilis* (Fabaceae) populations to saline stress. Environmental and Experimental Botany, 41: 145-153.
- Maas, E. V. and Neiman, R. H., 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. In: E. V. Maas and R.H. Neiman (Editors). Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions, pp. 277-299.
- Maggio, A., Reddy, M. P. and Joly, R. J., 2000. Leaf gas exchange and solute accumulation in the halophyte *Salvadora persica* grown at moderate salinity. Environmental and Experimental Botany, 44: 31-38.
- Mayber, A. P. and Lerner, H. R. 1994. Plants in Saline Environments. In: M. Pessarakli (Editor), Plant and Crop Stress. New York, USA, pp. 3-11.
- Mozafar, A. and Goodin, J. R., 1970. Vesiculated hairs: A mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus L.* Plant Physiology, 45: 62.
- Ram, R. N. V. and Nabors, M. W., 1985. Salinity stress. In: P. N. Cheremisinoff and R. P. Quелlette (Editors), Biotechnology Application and Research. Lancaster, USA, pp. 623-642.
- Reed, R. H., Collins, J.C. and Russel, G., 1981. The effects of salinity upon ion content and ion transport of the marine red alga *Porphyra purpurea (Roth) C.Ag.*, Journal of Experimental Botany, 32: 347.
- Robinson, S. P., Downton, W. J. S. and Millhouse, J. A., 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplast of salt stressed spinach. Plant Physiology, 73: 238-242.
- Rush, D. W. and Epstein, E., 1976. Genotypic responses to salinity. Differences between salt sensitive and salt tolerant genotypes of tomato. Plant Physiology, 57: 162-166.
- Salisbury, F. B. and Ross, C. B., 1992. Plant Physiology, 4<sup>th</sup> Ed., Wadsworth, Inc. Belmont, CA, USA., 45 S.
- Shannon, M. C., Grieve, C. M. and Francois, L. E., 1994. Whole - plant response to salinity. In: R.



- E. Wilkinson (Editor), Plant-Environment Interaction. New York, USA, pp. 199-244.
- Sönmez S. ve Kaplan M., 1997. Toprak tuzluluğunun bitki gelişimi üzerine etkileri. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 10: 323-335.
- Szabolcs, I., 1994. Soils and Salinization. In: M. Pessarakli (Editor). Plant and Crop Stress. New York, USA pp. 3-11.
- Tal, M. and Shannon, M. C., 1983. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: Responses of *Lycopersicon esculentum*, *L. cheesmanii*, *L. peruvianum*, *Solanum pennellii* and F1, hybrids to high salinity, Australian Journal of Plant Physiology, 10: 109-117.
- Turhan, H. , Wetten, A. C., Thompson, C. and Caligari, P. D. S., 1995. Production of transgenic potatoes expressing oxalate oxidase. Book of Abstract, 4 th International Symposium on Molecular Biology of the Potato, July 17-20, Wageningen, The Netherlands, pp. 126.
- Turhan, H., 1997. Salinity Studies in Potato (*Solanum tuberosum L.*), Ph.D. Thesis, The University of Reading, England, 255 s.
- Turhan, H. 1999. Bazı Patates (*Solanum tuberosum L.*) Çeşitlerinin NaCl Stresine Karşı İn Vitro ve İn Vivo Koşullarındaki Yanıtlarının Karşılaştırılması. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Adana, Cilt II, 65-70.
- Wolf, O., Jeschke, W. D. and Hartung, W., 1990. Long distance transport of abscisic acid in salt stressed *Lupinus albus* plants. Journal of Experimental Botany, 41: 593.
- Wood, M., 1995. Environmental Soil Biology. Blackie Academic and Professional, London, UK pp. 103-104.
- Yeo, A. R. and Flowers, T. J., 1980. Salt tolerance in the halophyte *Suaeda maritima L. Dum.*: evaluation of the effect of salinity upon growth. Journal of Experimental Botany, 31: 1171-1183.
- Yeo, A. R. and Flowers, T. J., 1986. Ion transport in *Suaeda maritima*: its relation to growth and implications for the pathway of radial transport of ions across the roots. Journal of Experimental Botany, 37: 143.