

Bitkilerde Tuza Dayanım Mekanizması

Nuray SİVRİTEPE*
Atilla ERİŞ**

ÖZET

Tuza maruz kalan bir bitkide, büyüme ve normal metabolizmanın korunabilme derecesi "tuza dayanım" olarak tanımlanır. Tuza dayanım ise tuzdan sakınım ve tuza tolerans olmak üzere iki farklı mekanizma ile sağlanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Tuza dayanım, tuzdan sakınım, tuza tolerans..

SUMMARY

Mechanism of Salt Resistance in Plants

The degree of maintenance of growth and normal metabolism in a plant, subjected to salinity, is called as "salt resistance". Salt resistance is being provided by two different mechanisms, salt avoidance and salt tolerance..

Key words: Salt resistance, salt avoidance, salt tolerance.

GİRİŞ

Tuz stresi ozmotik, toksik ve beslenme ile ilgili etkilerine bağlı olarak bitkilerde birçok zararlanmaya sebep olmaktadır. Ancak bu zararlanmanın derecesi, başka bir deyişle bitkinin tuza reaksiyonu; ortamdaki tuzun seviyesine,

* Yrd. Doç. Dr.; U.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa.

** Prof. Dr.; U.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa.

tuza maruz kalınan süreye, çevre koşullarına (ışık, sıcaklık, toprak vb. gibi) ve özellikle bitkinin tür ve çeşidi ile gelişme dönemine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle bitkilerin toleransı ya da dayanıksızlığı altında yatan fizyolojik mekanizmanın bilinmesi, bitkilerin tuza dayanımının artırılması, tuza adaptasyonunda müdahale edilebilecek noktaların ya da seleksiyonunda kullanılacak seçici fizyolojik ve biyolojik özelliklerin bulunması bakımından son derece önemlidir.

Bu makalede son yıllarda yapılmış ve konuya açıklık getirebilecek önemli çalışmalar referans alınarak, tuza dayanım mekanizması tartışılmış ve bu konudaki literatürün güncelleştirilmesi amaçlanmıştır.

1. Tuza Dayanım Mekanizması

Tuza maruz kalan bir bitkide, büyüme ve normal metabolizmanın korunabilme derecesi "tuza dayanım" olarak tanımlanır (Yeo 1983). Tuza dayanım ise tuzdan sakınım ve tuza tolerans olmak üzere iki farklı mekanizmayı içermektedir (Tal 1983).

1.1. Tuzdan Sakınım Mekanizması

Bir bitki tuz stresinden; pasif olarak tuzu bünyesinden uzak tutarak (exclusion), aktif olarak bünyeye alınan tuzu ihraç ederek (extrusion) ya da giren tuzu seyrelterek (dilution) sakınabilir (Levitt 1980, Läuchli 1986).

Hassan ve El-Azayem (1990) onbir meyve türünün fidanlarına farklı konsantrasyonlarda NaCl uygulayarak tuza dayanımı değerlendirmişlerdir. İncelenen türler tuza dayanımlarındaki artışa göre kayısı, şeftali, badem, mango, portakal, elma, armut, asma, guava, zeytin ve hurma şeklinde sıralanmışlardır. Yüksek dayanıma sahip olan türlerin yapraklarında diğerlerine göre daha az Cl akümüle edildiği belirlenmiştir. Bernstein ve ark. (1969) aşırı Cl birikiminden sakınabilirlerse asmaların, tuza orta derecede bir dayanım gösterebileceklerini bildirmişlerdir. Antcliff ve ark. (1983)'nın bulguları bu görüşü desteklemiştir. Araştırmacılar tuzlu su ile sulanan asma anaçlarında yapılan yaprak sapı analizlerine bağlı olarak tuza dayanıklı *V. berlandieri*'nin Cl'dan en iyi sakınan anaç olduğunu, tuza hassas olan *V. cinerea*, *V. rupestris* ve *V. champinii* x *V. rupestris* hibridinin ise çok fazla Cl akümüle ettiğini bulmuşlardır. Yine Italia ve Matora üzüm çeşitleri ile sera ve arazide yapılan tuz testleri aynı sonuçları vermiş ve tuza daha dayanıklı olduğu tespit edilen Italia çeşidinin iyi bir Cl uzaklaştırıcısı olduğu belirlenmiştir (Sykes 1987).

NaCl uygulanarak tuz stresine maruz bırakılan ıspanaklarda; sürgün ve köklerin taze ve kuru ağırlıklarının kontrol bitkilerine göre % 50 azaldığı, fakat fotosentetik potansiyellerinde önemli bir azalış olmadığı gibi, bitkilerin zaman içinde büyümeye devam ettikleri saptanmıştır. Bitkilerden izole edilen kloroplastlar analiz edildiğinde Na ve Cl iyonlarının akümüle olmadığı belirlenmiştir. Tuz uygulamalarına karşı fotosentetik aktivitede gözlenen bu

dayanım, kloroplast hücrelerinin Na ve Cl iyonlarına seçici davranıp bunları bünyelerinden uzak tutmalarına bağlanmıştır (Robinson ve ark. 1983). 0 ve 3 g/l NaCl uygulanarak 20 gün süreyle tuzlu ortamda yetiştirilen fasulye, hıyar ve mısır bitkilerinde, büyüme bazında tuza dayanım açısından farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Dayanıklı olan fasulye ve hıyar bitkileri tuzu yapraklarından uzak tutabildikleri halde, dayanıksız olan mısır bitkisinin bu yeteneğe sahip olmadığı saptanmıştır (Slama 1986a).

Tuza dayanımın belirlenmesinde tuzu bünyeden uzak tutma kabiliyeti tür ya da çeşitler arasında önemli bir ayırım faktörü olarak görülmektedir. Sivritepe (1995) asmalarda NaCl uygulamalarının, genelde hem anaç hem de kültür çeşitlerinin kök, gövde, sürgün, yaprak sapı ve ayalarında Na birikimine neden olduğunu; bununla birlikte gerek incelenen organın Na miktarına bağlı olarak, gerekse köklerle alınan Na'un diğer organlara taşınımı ve akümüle edildiği organa bağlı olarak çeşitler arasında farklılıklar bulunduğunu belirlemiştir. Araştırmacı kökleriyle daha az Na absorbe eden ve bünyeye alınan Na'u yapraklarından uzak tutabilen 1613 anacının 5 BB ye, Çavuş'un da Sultani Çekirdeksiz ve Müşküle'ye göre tuza daha dayanıklı olduğunu bildirmektedir. Bazı türlerde ise tuza dayanım bakımından iyon akümülyasyonunun kesin sınırları belirlenmiştir. Al-Saket ve Aeshah (1989) zeytin yapraklarında Na düzeyi % 0.04'ü; Haffman ve ark. (1989) erik yapraklarında kuru ağırlık bazında Cl akümülyasyonu % 0.7'yi, Na ükümülyasyonu % 0.02'yi; Prior ve ark. (1992a) ile Nagarajah (1993) da Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinin yaprak sapında Cl % 1-1.5'i, Na ise % 0.5'i aştığında tuza dayanımının azalacağını ve tuzun zararlandırıcı toksik etkilerinin ortaya çıkacağını bildirmişlerdir.

Tuzdan sakınım, ilk alım yeri olması nedeniyle köklerle başlamaktadır. Birçok bitkide tuza dayanım yüksek konsantrasyonlarda, tuzlara karşı geçirimsiz olmaya bağlıdır (Cheeseman 1988). Ancak, bilindiği gibi hücrenin seçici geçirgenliğini koruyabilmesi monovalent (K, Na) ve divalent (Ca) katyonlar arasındaki dengeye (Na: Ca) bağlıdır. Bu denge monovalent katyonların konsantrasyonunun artması ile bozulduğunda, geçirgenlik artarak hücrenin zararlanmasına yol açmaktadır. Bu durumda "exclusion" ile tuzdan sakınan bir bitkinin, nispeten yüksek tuz konsantrasyonlarında, Na tuzlarına karşı düşük bir geçirgenliğe sahip olması gerekmektedir (Yeo 1983, Cheeseman 1988). Ancak hücre geçirgenliğinde sözkonusu dengenin korunması için Ca da temel katyondur ve Na, Ca'un antagonistidir. Tuzla muamele gören birçok bitkide, Na alımı artarken Ca'un azaldığı belirlenmiştir. 6.5 mmhos/cm ve üzerindeki tuzluluklarda asmalarda yaprakların Na miktarı artarken Ca miktarının azaldığı; Ca akümüle edebilen Deiss Anz çeşidinin Jarshi Basrah, Rash Maiow ve Merironi çeşitlerinden daha fazla tuza dayanıklı olduğu tespit edilmiştir (Alsaidi 1983). Guerrier (1984a) çimlenme esnasında tuza daha dayanıklı olduğunu tespit ettiği kırmızı lahana tohumlarında, hassas domates tohumlarında göre Ca birikiminin daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Yazar diğer çalışmalarında da (1984b, c) belirlediği Ca mobilasyonunun, hücre zarının seçici geçirgenliğini düzenleyerek,

hücreleri tuz zararından koruduğunu bildirmiştir. Picchioni ve Miyamoto (1991) tuz testleri uygulanan antepfıstığı fidanlarında, kök hücrelerinin geçirgenliğini Na:Ca oranının belirleyebileceğini tespit etmişlerdir. Sivritepe (1995) ise yalnızca köklerinde değil gövde, sürgün ve yaprak gibi diğer organlarında da Na:Ca dengesini koruyabilen üzüm çeşitleri ve asma anaçlarının tuza daha dayanıklı olduğunu bildirmiştir.

Levitt (1980) ve Läuchli (1986), tuza orta derecede dayanıklı bitkilerde, tuzun köklerden değil sadece sürgünlerden uzak tutulmasıyla da sakınımın sağlanabileceğini bildirmektedirler. Bu durumda bitki, kökleriyle aldığı Na'un büyük bir kısmını yine köklerde tutmakta ve kök hücrelerinin vakuollerinde biriktirmektedir. Nitekim, Ben-Hayyim ve Kochba (1983) tuza dayanıklı ve dayanıksız hücre hatlarında (*Citrus cinensis*) Na ve Cl alımlarının yanısıra vakuol büyüklüklerinin de farklı olduğunu; dayanıklı hücrelerin vakuollerinin dayanıksız hatlara göre daha büyük olduklarını belirlemişlerdir. Tattini ve ark. (1994) zeytinlerin tipik Na ve Cl uzaklaştırıcıları olduklarını, bunu da tuzu kök hücrelerinin vakuollerinde tutarak başardıklarını bildirmişlerdir. Ancak, Santa Rosa erik çeşidinde yapılan çalışmalar, vakuollerin yalnızca köklerde değil yapraklarda da etkili olduğunu göstermiştir. Tuz uygulamaları ile yapraklarda akümüle olan Cl, mezofil hücrelerinin vakuollerinde tutularak, toksik etkilerinden sakınılmıştır (Ziska ve ark. 1991).

Tuzdan sakınım; kök yüzey alanında tuzların absorpsiyonunun engellenmesi ya da alınan tuzların protoplazmadan uzaklaştırılarak vakuollerde biriktirilmesi dışında, taşınım esnasında tuzun translokasyonu ile de sağlanmaktadır. Grieve ve Walker (1983), üç farklı turuncuğil anacının (Rangpur lime, Poncirus trifoliata, sweet orange) birbirinden farklı Na ve Cl akümülyasyon modellerine sahip olmasını, köklerden yapraklara taşınımı düzenleyen bazı mekanizmaların varlığına bağlamıştır Walker ve Douglas (1983) da turuncuğil anaçlarında (Rangpur lime, Citrus karna, Citrus medica) yaprak Cl kapsamları ve tuza dayanım açısından ortaya çıkan benzer farklılığın, belirgin olarak kökten sürgüne Cl taşınımının engellenmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Slama (1986b) pasif olarak tuzu bünyesinden uzak tutarak tuzdan sakınımın, bazı bitkilerde köklerle alınan Na'un sürgünlerden köklere yeniden sirkülasyonu ile sağlandığını belirlemiştir. Walker (1986)'ın Poncirus trifoliata'da elde ettiği veriler bunu desteklemektedir. Araştırmacı bu anacın, kök ile gövdenin bağlanma noktasında ksilemden Na'u geri alarak odun ve kabukta tecrit edebilme yeteneğine sahip olduğunu tespit etmiştir. Hasegawa ve ark. (1986) bu tip uzaklaştırıcı mekanizmanın, ksilem parankima hücrelerinin absorpsiyonu ve ksilem-floem değişim sistemi ile sağlandığını belirtmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen durumlarda sakınımın yalnızca pasif uzaklaştırma mekanizması ile sağlandığını söylemek güçtür. Çünkü, hücre bazında pasif olarak tuzu uzak tutabilmek, hücre tuz ve iyonlarına tamamen geçirimsiz olduğu durumda mümkündür. Fakat, böyle mutlak bir geçirimsizlikten söz etmek

zordur. Tuza dayanıklı bitkilerin mümkün olduğunca yüksek bir geçirimsizliğe sahip olması beklenir. Ayrıca, böyle bitkilerde hücreye giren tuz, akış hızından çok daha yüksek bir hızla, dışarıya pompalanmalıdır ki birikim olmasın. Bu durumda tuzdan sakınının sağlanmasında pasif uzaklaştırma yanında, enerji kullanımını gerektiren aktif ihraç mekanizmasından da bahsedilmelidir (Levitt 1980, Hasegawa ve ark. 1986).

Bilindiği gibi tuz stresi bitkilerde Na birikimini arttırmakta, K alımını ise azaltmaktadır. Hücre ya da bitki bazında yapılan çalışmalar, Na'un K üzerinde antagonistik bir etkiye sahip olduğunu, Na'u ihraç edip yerine K akümüle edebilen hücre ya da bitkilerin tuza daha dayanıklı olduklarını göstermiştir (Stavarek ve Rains 1984, Ben-Hayyim ve ark. 1985, Ioneva 1988). Levitt (1980), Yeo (1983) ve Stavarek ve Rains (1984) bitkilerde tuza dayanımın kısmen, Na'un ihraç edilmesi ve K'un alınabilmesi için gerekli olan enerjiyi mobilize edebilme yeteneğine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak, Greenway ve Munns (1980) optimum verimlilik için bitkilerin stoplazmalarında K:Na oranının l'in üzerinde olması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Binzel ve ark. (1985) membran fonksiyonunun sadece yüksek iyon konsantrasyonları ile değil, K:Na oranı ile de etkilendiğini vurgulamışlardır.

Tuza maruz bırakılan Perlette, Beaty Seedless, Delight ve Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşitleri, toprak altı ve toprak üstü organlarının tuza dayanımları açısından bazı farklılıklar göstermişlerdir. Kök ağırlığına dayanarak, Sultani Çekirdeksiz çeşidi nispeten tuza daha dayanıklı bulunmuştur. Toprak üstü kısımların büyümesi değerlendirildiğinde ise Delight çeşidi diğer üç çeşitten daha dayanıklı olmuştur. K:Na oranlarına bakıldığında, Sultani çekirdeksiz çeşidinin köklerinde, Delight'in ise yapraklarında bu oranı koruyabildiği görülmüştür. Araştırmacı, asmalarda tuza dayanımın Na birikiminden çok, yapraklardaki K:Na oranı ile ilişkili olduğunu belirtmiştir (Samra 1985, 1986). Alsaiddi ve Alawi (1984) ile Alsaiddi ve ark. (1985) NaCl uygulanan bazı üzüm çeşitlerinde artan tuz konsantrasyonları ile birlikte, bitkinin tüm organlarında K:Na oranının azaldığını belirlemiş ve asmalarda bu oranının tuza dayanımın azalmasında önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir. Sivritepe (1995)'nin farklı üzüm çeşitleri ve asma anaçları ile yaptığı denemeler, bu bulguları desteklemiş; araştırmacı tuza dayanım bakımından çeşitler arasındaki farklılığı belirleyen önemli faktörlerden birinin, bünyedeki K:Na dengesinin korunması olduğunu bildirmiştir. Turunçgiller (Walker 1986), domates (Cano ve ark. 1991), ıspanak ve bezelyelerde (Speer ve Kaiser 1991) yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular da bu sonuçları desteklemiştir.

Tuzdan sakınımda etkili bir diğer mekanizma ise, hücreye giren tuzun seyreltilmesidir. Bu da ancak hızlı büyüme ile mümkündür. Büyümeye bağlı olarak artan su alımı hücre stoplazmasında iyon konsantrasyonlarının artışı önleyebilmektedir. Artan su miktarına bağlı olarak özellikle parankima hücreleri genişlemekte, bu da dayanıklı bitkilerde yaprak kalınlaşması ve sukulensin

artışı ile belirginleşmektedir (Levitt 1980). Ancak literatürde, b h e bitkilerinin bu mekanizmayı kullanarak tuza dayanım sağladıklarına dair bir veriye rastlanamamıştır.

1.2. Tuza Tolerans Mekanizması

Tuza dayanım öncelikle tuzdan sakınma bağlıdır. Bundan sonra olması gereken, tolerans mekanizmasıdır. Dayanıklı bir bitkinin, sakınamadığı durumda tuzun teşvik ettiği stresleri tolere etmesi gereklidir.

Ozmotik stres, temelde su noksanlığı ile oluŐan bir stres çeşidi olduğundan, iki Őekilde tolere edilebilir. Bunlardan ilki dehidrasyondan sakınabilmek, ikincisi ise dehidrasyona tolerans gösterebilmektir. Dehidrasyona tolerans, turgor kaybına izin verir. Ancak bu durum, hücreyi büyümenin olmadığı bir safhaya sokar. Dehidrasyondan sakınım ise, hücrede su alımının baŐlamasına ve turgorun yeniden kazanılmasına, dolayısı ile hücre büyümesinin devam etmesine izin verir. Ozmotik stresin telafi edilerek, hücre turgorunda devamlılığın sağlanması "ozmotik düzenleme" (osmoregulation), "ozmotik telafi" (osmotic compensation) ya da "ozmotik ayarlama" (osmotic adjustment) diye tanımlanır. Tuza dayanıklı bir bitkinin ozmotik stresin toleransına baz olan dehidrasyon sakınımına, yani ozmotik düzenlemeye sahip olması gereklidir. Alaska bezelye çeşidinin ozmotik düzenlemeye sahip olmadığı; artan tuzlulukla birlikte bitkilerde sürgün ağırlığı, boyu ve fotosentez azalırken, stoma direncinin arttığı belirlenmiştir (Hasson ve ark. 1985). 100 mM Cl uygulanan Sultani  ekirdeksiz üzüm çeşidinin yapraklarında ozmotik düzenleme ile turgorun korunması, fotosistem II'de meydana gelen ani zararı baŐlangıçta  nleyebilmiştir. Ancak zamanla artan Cl birikimi, hücrelerin zararlanmasına yol açmıŐtır. Bu zararlanma bitkide turgor basıncının azalması ve fotosistemin yeniden etkilenmesi ile sonuçlanmıştır (Downton ve Millhouse 1983). Zerbi ve ark. (1990) NaCl uygulanan domates bitkilerinde, uzun süreli tuz stresine ozmotik düzenleme ile tolerans gösterilebileceğini, ancak bunun uygulanan tuz konsantrasyonuna bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, ozmotik düzenlemenin yalnızca düşük ve orta düzeyli tuz uygulamalarında sağlanabildiğini tespit etmişlerdir.

Tuz stresine maruz kalan bitkilerde ozmotik düzenleme ya tuz ve iyonlarının aktif alımı ya da  oz nebilir organik maddelerin sentezi ve hücrede akümüle olması ile sağlanır. Bitki tuzun primer toksik etkilerine dayanıklıysa, ozmotik düzenleme daha çok iyon birikimi ile temin edilir. Bitki tuzu bünyesinden uzak tutarak ya da ihraç ederek sakınıyorsa, ozmotik düzenleme büyük  l de organik maddelerin sentezine bağlı olmaktadır (Levitt 1980, Yeo 1983, Salisbury ve Ross 1992).

Samsun tütün çeşidinin kallus hücreleri NaCl içeren besin ortamında kültüre alınarak incelendiğinde, ozmotik düzenlemenin Na ve Cl iyonlarının akümülasyonu ile sağlandığı belirlenmiştir (Heyser ve Nabors 1981). LaRosa ve ark. (1987) ise Wisconsin 38 tütün  eŐidinin NaCl'e maruz bırakılan

hücrelerinde dışsal ABA uygulamalarının teşvik ettiği ozmotik düzenlemenin hem iyon (Na, K ve Cl) hem de organik madde (şekerler ve prolin) akümülasyonu ile olduğunu bildirmişlerdir. Gossi tütün çeşidinin NaCl'e dayanıklı ve dayanıksız hücre hatları kıyaslandığında ise dayanıklı hatlarda tuz uygulaması ile birlikte önemli bir prolin akümülasyonunun başladığı belirlenmiştir (Watad ve ark. 1983).

Larher ve ark. (1989) baklagillerde tuz zararına karşı ozmotik düzenlemenin sağlanmasında en önemli faktörün prolin akümülasyonu olduğunu bildirmişlerdir. Domates (Chmeleva ve ark. 1989), lahana (Chandler ve Thorpe 1987) fasulye (Abbas ve ark. 1991), antepfıstığı (Walker ve ark. 1988) ve portakallarda (Banuls ve Primo-Millo 1992) yapılan çalışmalar da bunu desteklemiştir.

Tuzun bitkilerde zararlanmaya neden olan tek bir etkisi olmadığı gibi, tuza dayanımın da tek bir mekanizması olmadığı görülmektedir. Bunları hep birlikte yorumlamak gerekirse tuzun teşvik ettiği primer strese (tuzun toksik etkilerine) dayanım, tuzdan sakınım ve tuza tolerans mekanizmaları ile kontrol edilmektedir (Levitt 1980, Tal 1983). Bitki sakınımla, tuza karşı düşük geçirgenliğe sahip olup tuzu bünyeden uzak tutabildiği gibi, Na'u hücrelerden dışarı pompalayarak tuzu bünyesinden ihraç da edebilmektedir. Sakınımın bir diğer yolu ise, hızlı büyüme ile birim hacimde akümüle olan tuz miktarını azaltmak yani, tuzu bünyede seyreltebilmektir (Levitt 1980, Läuchli 1986). Bitki böylelikle iyonların etkisinden korunabileceği gibi, iyon dengelerinin (K:Na, Na:Ca) bozulmasını da engelleyebilmektedir. İhraç yolu ile sakınımda ksilem parankima hücrelerinin absorpsiyonu ve ksilem-floem arasındaki değişim sisteminin mevcudiyeti kadar, akümüle olan iyonların vakuollerde tutularak, plazmadan uzaklaştırılması da önemlidir (Ben-Hayyim ve Kochba 1983, Robinson ve ark. 1983, Hasegawa ve ark. 1986, Zıska ve ark. 1991, Tattini ve ark. 1994). Bazı bitkilerde iyonları odun ya da kabuk gibi büyümeyen dokularına ihraç ederek, bunların toksik etkilerinden sakınmaktadır (Walker 1986). Bu, iyonlar arasındaki dengelerin bozulmasından sakınım olarak değerlendirilebileceği gibi, tuza tolerans olarak da algılanabilir. Fakat asıl tolerans, iyon balansında tuzun teşviki ile meydana gelen değişimlere ya da akümülasyona rağmen, primer stresi yenebilmek yani, tuzlu ortamda normal büyüme ve gelişmeyi devam ettirip, metabolik olayların düzeyini koruyabilmektir.

Tuzun teşvik ettiği sekonder streslerden olan besin noksanlığına dayanım; Na'u ihraç ederek ya sakınım mekanizması ile ya da K noksanlığını telafi ederek, yani Na'un engelleyici etkisine rağmen K alımını temin ederek, tolerans mekanizması ile sağlanabilir (Levitt 1980, Yeo 1983, Stavarek ve Rains 1984, Ben-Hayyim ve ark. 1985, Ioneva 1988). Diğer bir sekonder stres olan ozmotik strese ise tuza dayanım, tam anlamı ile ozmotik düzenleme yoluyla tuza tolerans göstermektir. Bu da iyon akümülasyonu ve akümüle edilen iyonların vakuollerde tutulması veya organik maddelerin sentezi ve akümülasyonunun

sağlanması ile gerçekleşmektedir (Levitt 1980, Heyser ve Nabora 1981, Yeo 1983, Larher ve ark. 1989, Zerbi ve ark. 1990, Salisbury ve Ross 1992).

2. Tuza Dayanımın Ölçülmesi

Dayanımın birden çok mekanizması olması nedeniyle, tüm durumların belirlenmesine uygun tek bir metod bulunmamaktadır. Buraya kadar incelenen literatürün bir değerlendirilmesi yapıldığında; sakınım ya da toleransa bağlı olarak tuza dayanımın belirlenmesi için, bitkilerin değişik doku ve organlarında iyonların (Na, K, Cl) birikimi (Antcliff ve ark. 1983, Sykes 1987), bitkide taşınımı ve dağılımı ya da translokasyonu (Grieve ve Walker 1983, Walker ve Douglas 1983, Hasegawa ve ark. 1986, Slama 1986, Walker 1986, Sivritepe 1995) organik madde sentezleme ve biriktirme yetenekleri (Watad ve ark. 1983, Chandler ve Thorpe 1987, Chmeleva ve ark. 1989, Abbas ve ark. 1991, Banuls ve Primo-Millo 1992) ve farklı organların iyon dengelerinin (K:Na, Na:Ca) (Alsaïdi ve ark. 1984, 1985, Samra 1985, 1986, Walker 1986, Cano ve ark. 1991, Picchioni ve Miyamoto 1991, Speer ve Kaiser 1991, Sivritepe 1995) araştırıldığı görülmektedir.

Tuza dayanım doğrudan dayanım mekanizmalarının bitkide mevcut olup olmadığını araştırılması ile ölçülebildiği gibi, ortaya çıkan tuz zararının derecesine göre de değerlendirilmiştir. Bu amaçla büyüme, gelişme (Sivritepe 1995, Sivritepe ve ark. 1996) ya da metabolizmada meydana gelen değişimler (Chmeleva ve ark. 1989, Sivritepe 1995) incelenebildiği gibi, bitkideki nekrozlar ya da canlılığın seviyesi de (Motosugi ve ark. 1987, Bartolini ve ark. 1991) gözlenmiştir. Dayanımın ölçülmesi hücre, doku, organ ve bitki bazında yapılabildiği gibi, dayanım büyüme ve gelişmenin değişik dönemlerinde de belirlenebilmiştir (Tsenov ve ark. 1983, Downton 1985, Nukaya ve ark. 1985, Cardi ve Filippone 1986, Cruz ve Cuartero 1990, Klein ve ark. 1993).

Bütün bu araştırmalar arazi, sera, laboratuvar ya da in vitro koşullarda çoğunlukla NaCl kullanılarak yapılmıştır. Bazı çalışmalarda sabit koşullarda tür ya da çeşitler karşılaştırılırken, bazı çalışmalarda aynı tür ya da çeşit bazında koşullar kıyaslanmıştır.

KAYNAKLAR

- ABBAS, M.A., YOUNIS, M.E., SHUKRY, W.M. 1991. Plant growth, metabolism and adaptation in relation to stress condition. XIV. Effect of salinity on the internal solute concentrations in *Phaseolus vulgaris*. *J. Plant Physiol.*, 138(6): 722-727.
- AL-SAKET, I.A. and AESHEH, I.A. 1989. Effect of saline water on the growth of young olive trees. *Hort. Abst.*, 59(5): 4384.
- ALSAIDI, I.H. 1983. Studies on the influence of different concentration of sodium chloride and calcium chloride salts on the growth of some grapevine cultivar transplants. *Hort. Abst.*, 53(3): 1626.

- ALSAIDI, I.H. and ALAWI, B.J. 1984. Effect of different concentrations of NaCl and CaCl₂ on growth, dry weight and mineral elements of some grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Ann. Agric. Sci.*, 29(2): 971-988.
- ALSAIDI, I.H., SHAKIR, I.A., DAWOOD, Z.A., ALAWI, B.J. 1985. Effect of saline condition on growth and mineral content in different parts of grapevine W. Deiss (*V. vinefera* L.). *Ann. Agric. Sci.*, 30(2): 1495-1512.
- ANTCLIFF, A.J., NEWMAN, H.P., BARRETT, H.C. 1983. Variation in chloride accumulation in some American species of grapevine. *Vitis*, 22: 357-362.
- BANULS, J. and PRIMO-MILLO, E. 1992. Effects of chloride and sodium on gas exchange parameters and water relations of citrus plants. *Physiol. Plant.*, 78(2): 238-246.
- BARTOLINI, G., MAZUELOS, C., TRINCOSO, A. 1991. Influence of Na₂SO₄ and NaCl salts on survival, growth and mineral composition of young olive plants in inert sand culture. *Adv. Hort. Sci.*, 5(2): 73-76.
- BEN-HAYYIM, G. and KOCHBA, J. 1983. Aspects of salt tolerance in a NaCl-selected stable cell line of *Citrus cinensis*. *Plant Physiol.*, 72(3): 685-690.
- BEN-HAYYIM, G., SPIEGEL-ROY, P., NEUMANN, H. 1985. Relation between ion accumulation of salt-sensitive and isolated stable salt-tolerant cell lines of *Citrus aurantium*. *Plant Physiol.*, 78(1): 144-148.
- BERNSTEIN, L. EHLIG, C.F., CLARK, R.A. 1969. Effect of grape rootstocks on chloride accumulation in leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 94(6): 584-590.
- BINZEL, M.L., HASEGAWA, P.M., HANDA, A.K., BRESSAN, R.A. 1985. Adaptation of Tobacco Cells to NaCl. *Plant Physiol.*, 79(1): 118-125.
- CANO, E.A., BOLARIN, M.C., PEREZ-ALFOCEA, F., CARO, M. 1991. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. *J. Hort. Sci.*, 66(5): 621-628.
- CARDI, T. and FILIPPONE, E. 1986. Response to sodium chloride of tissue cultured in vitro from two genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Hort. Abst.*, 56(2): 1067.
- CHANDLER, S.F. and THORPE, T.A. 1987. Proline accumulation and sodium sulfate tolerance in callus cultures of *Brassica napus* L. cv. Westar. *Plant Cell Reports.*, 6: 176-79.
- CHEESEMAN, J. 1988. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiol.*, 7: 547-550.
- CHMELEVA, Z.V., SINEL'NIKOVA, V.N., KOSAREVA, I.A. 1989. Determining the proline in leaves of plants grown on a saline nutrient substrate. *Hort. Abst.*, 59(2): 1232.
- CRUZ, U. and CUARTERO, J. 1990. Effects of salinity as several developmental stages of six genotypes of tomato (*Lycopersicon* spp.). Proceedings of the XIth Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding, Malaga, Spain. March 6-8.1.1990. 81-86.

- DOWNTON, W.J.S. 1985. Growth and mineral composition of Sultana grapevine as influenced by salinity and rootstock. *Aust. J. Agric. Res.*, 36(3): 425-434.
- DOWNTON, W.J.S. and MILLHOUSE, J. 1983. Turgor maintenance during salt stress prevent loss of variable fluorescence in grapevine leaves. *Plant Science Letters*, 31(1): 1-7.
- DOWNTON, W.J.S. and MILLHOUSE, J. 1985. Chlorophyll fluorescence and water relations of salt stressed plants. *Plant Science Letters*, 37(3): 205-212.
- GREENWAYS, H. and MUNNS, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhallophytes. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 31: 149-190.
- GRIEVE, A.M. and WALKER, R.R. 1983. Uptake and distribution of chloride, sodium and potassium ions in salt-treated citrus plants. *Aust. J. Agric. Res.*, 34(2): 133-143.
- GUERRIER, G. 1984a. Selectivity of sodium fixation at the embryo and seedling level in NaCl-sensitive and NaCl-tolerant plants. *Can. J. Bot.*, 62(9): 1791-1798.
- GUERRIER, G. 1984b. Changes in Na and Ca contents of embryos and seedlings during germination under saline condition. *Hort. Abst.*, 54(5): 2358.
- GUERRIER, G. 1984c. Relations between salt tolerance or sensitivity at germination and nutrient sodium composition. *Hort. Abst.*, 54(6): 3418.
- HAFFMAN, G.J., CATLIN, P.B., MEAD, R.M., JOHNSON, R.S., FRANÇOIS, L.E., GOLDHAMER, D. 1989. Yield and foliar injury responses of mature plum trees to salinity. *Irrigation Science*, 10(3): 215-229.
- HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., HANDA, A.V. 1986. Cellular mechanisms of salinity tolerance. *Hort. Science.*, 21(6): 1317-1324.
- HASSAN, M.M. and EL-AZAYEM, A.I.A. 1990. Differences in salt tolerance of some fruit species. *Egyptian J. Hort.*, 17(1): 1-8.
- HASSON, E., POLJAKOFF-MAYBER, A., GALE, J. 1985. The effect of salt species and concentration on photosynthesis and growth of pea plants (*Pisum sativum* L. cv. Alaska). *Hort. Abst.*, 55(5): 3472.
- HEYSER, J.W. and NABORS, M.W. 1981. Osmotic adjustment of cultured tobacco cells (*Nicotiana tabacum* var. Samsum) grown on sodium chloride. *Plant Physiol.*, 67: 720-727.
- IONEVA, Z.S. 1988. Effect of potassium ions on Na uptake by plants in conditions of chloride salinity. *Hort. Abst.*, 58(12): 8898.
- KLEIN, I., LAVEE, S., BEN-TAL, Y. 1993. Irrigation of olive with saline water. Ins. of Hort. Scientific Activities 1984-1992. Special Publ. No. 250, The Volcani Center, Bet Degan, Israel, s. 149.

- LARHER, F., HUO, S.M.I., GERANT-SAUVAGE, D. 1989. Salt sensitivity in legumes during the early stages of development. *Hort. Abst.*, 59(3): 2100.
- LAROSA, P.C., HASEGAWA, P.M., RHODES, D., CLITHERO, J.M., WATAD, A.A., BRESSAN, R.A. 1987. Abscisic acid stimulated osmotic adjustment and its involvement in adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plant. Physiol.*, 84(1): 174-181.
- LÄUCHLI, A. 1986. Responses and adaptation of crops to salinity. *Acta Hort.*, 190: 243-246.
- LEWITT, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Volume II, 2nd ed. Academic Press, New York, 607 pp.
- MOTOSUGI, H., SUGIURA, A., TOMANA, T. 1987. Salt tolerance of various apple rootstock cultivars. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60(1): 53.
- NAGARAJAH, S. 1993. Soil toxicity in Sunraysia vineyards. *Vitis*, 32(2): 2F3.
- NUKAYA, A., MASUI, M., ISHIDA, A. 1985. Salt tolerance of muskmelon as affected by diluted sea water applied at different growth stages in nutrient solution culture. *Hort. Abst.*, 55(1): 261.
- PICCHIONI, G.A. and MIYAMOTO, S. 1991. Rapid testing of salinity effects on pistachio seedlings rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116(3): 555-559.
- PRIOR, L.D., GRIEVE, A.M., CULLIS, B.R. 1992. Sodium chloride and soil texture interactions in irrigated field grown Sultana grapevines. II. Plant mineral content, growth and physiology. *Aust. J. Agr. Res.*, 43(5): 1067-1083.
- ROBINSON, S.P., DOWNTON, W.J.S., MILLHOUSE, J.A. 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplast of salt-stressed spinach. *Plant Physiol.*, 73(2): 238-242.
- SALISBURY, F.B. and ROSS, C.W. 1992. Plant physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Com. Belmont, California, 682 pp.
- SAMRA, J.S. 1985. Sodidity tolerance of grapes with reference to the uptake of nutrients. *Indian J. Hort.*, 42(1/2): 12-17.
- SAMRA, J.S. 1986. Effect of soil sodicity on the growth of four cultivars of grape. *Indian J. Hort.*, 43(1/2): 60-65.
- SİVRİTEPE, N. 1995. Asmalarda tuza dayanıklılık testleri ve tuza dayanımda etkili bazı faktörler üzerinde araştırmalar. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Bursa, 176 s.
- SİVRİTEPE, H.Ö., ERİŞ, A., SİVRİTEPE, N. 1996. Kavun tohumlarında priming uygulamalarının tuza dayanım üzerine etkileri. U.Ü. Zir. Fak. Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler Serisi, No. 16, Bursa, 19 s.

- SLAMA, F. 1986a. Effect of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of six cultivated plant species. *Agronomie Tropicale*, 41(1): 21-26.
- SLAMA, F. 1986b. Involvement of roots in NaCl tolerance and sensitivity of cultivated plants. *Agronomie*, 6(7): 651-658.
- SPEER, M. and KAISER, W.M. 1991. Ion relations of symplastic and apoplastic space in leaves from *Spinacia oleracea* L. and *Pisum sativum* L. under salinity. *Plant Physiol.*, 97(3): 990-997.
- STAVAREK, S.J. and RAINS, D.W. 1984. The development of tolerance to mineral stress. *Hort. Sci.*, 19(3): 13-19.
- SYKES, S.R. 1987. Apparent variation in chloride accumulation between vines of cultivars Italia and Matoro grown under furrow irrigation. *Aust. Salinity Newsletter*, 15: 17.
- TAL, M. 1983. Selection for stress tolerance. In "Handbook of Plant Cell Culture, Volume 1" (D.E. Evans, W.R. Sharp, P.V. Ammirato, Y. Yamada, eds.), pp. 461-487. Collier Macmillan Publisher, London.
- TATTINI, M., CORADESCHI, M.A., PONZIO, C., TRAVERSI, L. 1994. Responses of olive plants to salt stress. Abstracts. XXIVth Int. Hort. Congress. 21-27 August 1994, Kyoto-Japan ISHS, O-21-1.
- TSENOV, E.I., KABONOV, V.V., STROGONOV, B.P. 1983. Effect of salinization with sodium chloride on content and formation of nucleic acids. *Hort. Abst.*, 53(12): 8584.
- WALKER, R.R. 1986. Sodium exclusion and potassium-sodium selectivity in salt treated trifoliata orange and Cleopatra mandarin. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13(2): 293-303.
- WALKER, R.R. and DOUGLAS, T.J. 1983. Effect of salinity level on uptake and distribution of chloride, sodium and potassium ions in citrus plants. *Aust. J. Agr. Res.*, 34(2): 145-153.
- WATAD, A.A., REINHOLD, L., LERNER, H.R. 1983. Comparison between a stable NaCl-selected *Nicotiana* cell line and the wild type. *Plant. Physiol.*, 73(3): 624-629.
- YEO, A.R. 1983. Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiol. Plant.*, 58: 214-222.
- ZERBI, G., LECAIN, D.R., MORGAN, J.A. 1990. Concurrent action of salinity and water stress on leaf gas exchange and water relations in tomato. *J. Hort. Sci.*, 65(6): 675-681.
- ZISKA, I.H., SEEMANN, J.R., DEJONG, T.M. 1990. Salinity induced limitations on photosynthesis in *Prunus salicina*, a deciduous tree species. *Plant. Physiol.*, 93(3): 864-870.