



Tuz Stresi Uygulanan Soyada (*Glycine max* L.) Salisilik Asidin Fizyolojik Etkisi

Ayşe BARAN, Mahmut DOĞAN*

*Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Osmanbey Kampüsü 63100, Şanlıurfa

(Alınış Tarihi: 21.10.2013, Kabul Tarihi: 16.04.2014)

Anahtar Kelimeler

Prolin
Salisilik Asit
Soya
Tuz stresi

Özet: Bu çalışmada tuz stresinin farklı (50, 75, 100, 125, 150 mM) konsantrasyonu ile salisilik asitin farklı (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarının uygulandığı, soya (*Glycine max* L.) bitkisindeki bazı parametrelerdeki değişiklikler araştırılmıştır. Tuz uygulamasına bağlı olarak bitkilerin klorofil, MDA, iyon (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) prolin ve iyon içeriklerinin kontrole göre farklı şekilde değiştiği belirlenmiştir. Farklı tuz konsantrasyonu klorofil, potasyum ve magnezyum miktarında azalmaya, MDA, prolin, sodyum ve kalsiyum miktarında artmaya sebep olmuştur. Salisilik uygulamasıyla klorofil, potasyum ve magnezyum miktarı artmış, MDA, prolin, sodyum ve kalsiyum miktarı azalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre klorofil, MDA, iyon ve prolin ile uygulanan salisilik asit miktarı arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Salisilik asidin tuz stresine karşı koruyucu özellik gösterdiği ve 1.0 mM salisilik asit konsantrasyonu tuz stresine karşı etkin tolerans artırıcı etki yaptığı sonucuna varılmıştır

The Effect of Salicylic Acid on Physiological in Soybean (*Glycine max* L.) Under Salt Stress

Keywords

Proline
Salicylic acid
Soybean
Salt stress

Abstract: In this study, different salt stress (50, 75, 100, 125, 150 mM) to the concentration of salicylic acid is different (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0 mM) concentrations are applied, soybean (*Glycine max* L.) plant changes of some parameters investigated. The salt depending on the application Chlorophyll, MDA, ion (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) ion contents of proline and varied in different ways according to the control. Chlorophyll different salt concentration, a decrease in the amount of potassium and magnesium, MDA, proline, has led to increase in the amount of sodium and calcium. Salicylic application of chlorophyll, increased the amount of potassium and magnesium, MDA, proline, decreased the amount of sodium and calcium. According to the results of chlorophyll, MDA, ion and proline applied with a positive correlation between the amount of salicylic acid have shown that. Salicylic acid has shown protective features against salt stress and concentration of 1.0 mM salicylic acid against salt stress tolerance enhancing effects to effectively concluded.

1. Giriş

Doğal şartlarda büyüyüp gelişen bitkiler kaçınılmaz şekilde farklı stres türlerine maruz kalırlar. Çoğunlukla hücresel düzeyde oksidatif bir zararlanma olarak ortaya çıkan tuz stresi, kurak ve yarı kurak bölgelerde verimi etkileyen önemli bir faktördür (Ashraf, 1989). Bunun için araştırmacılar kuraklık ve tuzluluk stresi ile bitki arasındaki ilişkileri farklı açılardan araştırmaya büyük önem vermişlerdir. Bitkilerin tuz stresine verdikleri karmaşık cevaplar ozmotik potansiyel, iyon ve

ozmotik etkiyle açıklanabilir (Pasternak, 1987). Özellikle tuz stresiyle ilgili son yıllarda birçok çalışma yapılmıştır (Ashraf, 1994; Simaei vd., 2011; Hao vd., 2011). İki nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidinde tuz stresine bağlı olarak membranlarında oluşan lipid peroksidasyon ürünü (MDA) içeriğindeki artış oksidatif hasarın bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Battal vd., 2008). Başka bir çalışmada tuz stresi altında *Triticum aestivum* çeşitlerinin tuz ve kuraklık stresine dirençli *Triticum aestivum* (Bayraktar) ve *Triticum aestivum* (Atay) varyetelerinde MDA ve prolin miktarının stres

*İlgili yazar: dogan@harran.edu.tr

ortamında artışı tespit edilmiştir (Cuartero ve Fernandez-Munoz, 1999; Chen vd., 2000). Yapılan başka bir çalışmada tuzluluk ve kuraklığın *Groenlandia densa*'da ve domateste kök ve gövde uzamasını olumsuz etkilediğini ve yapraklarda klorozise yol açtığını belirlemişlerdir (Demirezen vd., 2008; Doğan vd., 2009).

Prolinin, sitoplazma ve vakuol arasında hücre içi osmotik düzenleyici olarak rol oynadığı (Delauney ve Verma, 1993), stresli koşullarda yüksek miktarlarda üretilerek sitozolik pH'yı düzenlemeye çalıştığı (Venekamp, 1989), enzim koruyucusu ve makro moleküller ile organellerin yapısında sabitleyici olarak aktivite gösterdiği (Gadallah, 1999) ileri sürülmektedir. Tuz stresinde prolin birikiminin kesin rolü henüz tam tespit edilememesine karşın, genel olarak prolin tuza toleransın bir göstergesi olarak çalıştığı kabul edilmektedir (Lin ve Kao 1996; Lutts vd., 1996). Tuz stresinde domates (Doğan vd., 2010b) ile mısır (Yakıt, 2006) bitkisinde prolin oranının arttığı belirtilmiştir.

Son yıllarda salisilik asit'in (SA) farklı patojenlere karşı bitkilerde sistemik direncin (SAR) oluşmasında rol oynadığı (Metraux, 2001) abiyotik stres şartlarında bitkiler üzerinde koruyucu etkisi olduğu için araştırmacıların ilgisini çekerek harekete geçirmiştir. Bitkilerde SA'nin koruyucu sinyal rolü tütün ve *Arabidopsis spp.* bitkilerinde kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Morris vd., 2000). SA bitkilerde fizyolojik olayların düzenlenmesinde görev yapan fenolik karakterli içsel bir büyüme düzenleyicisidir (Mikolajczyk vd., 2000). Bitkilerin birçoğunda çiçeklenmeyi teşvik ederek köklerden iyon alınımını kontrol ettiği bildirilmiştir (Raskin, 1992). Bununla birlikte meyve olgunlaşmasını engelleyici (Srivastava ve Dwivedi, 2000), yerçekimi düzenleyicisi (Medvedev ve Markova, 1991) ve diğer metabolik yollarda görev yapmakta olduğu bildirilmiştir. Camarosa çilek çeşidi ile yapılan bir çalışmada, farklı yoğunluklarda tuz ve salisilik asit uygulaması, membran geçirgenliğini azalttığı, protein, prolin ve toplam klorofil miktarını artırdığı saptanmıştır (Tohma, 2007).

Bu doğrultuda soyanın tuz stresine karşı gösterdiği tolerans ve fizyolojik tepkileri belirlemek ve SA uygulamasına bağlı olarak klorofil, MDA, iyon (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) ve prolin parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan soya (*Glycine max L.*) cv. "A3935" tohumları Ellis vd. (1988)'nin yöntemine göre yüzeysel sterilizasyonu yapılmıştır. Perlit ortamında büyüyen soya (*Glycine max L.*) fideleri, ilk gerçek yapraklar oluşunca SA'nin farklı konsantrasyonları (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) ile tuzun (NaCl) farklı konsantrasyonlarıyla (50, 75, 100,

125, 150 mM) Hoagland (Hoagland and Arnon, 1938) besin çözeltisinde esas denemeye başlanmıştır. Çimlenme ve büyüme evresini kapsayan tüm denemeler iklim odasında 25±2 °C sıcaklık ve %65±5'e ayarlanmış bağıl nem deney süresince sabit tutulmuştur. Işık şiddeti bitki yaprak yüzeyinden 14500 lüks olacak şekilde (16/8 saat gündüz/gece) ayarlanmıştır. Deneme; çimlenme aşaması 6 gün, ilk gerçek yaprakların oluşum aşaması 14 gün, SA ve tuz stresini aşaması 12 gün olmak üzere toplam 32 günde tamamlanmıştır. 32. günün sonunda örnekler toplanarak aşağıdaki analizler yapılmıştır.

2.1. Klorofil Belirlenmesi: Luna vd. (2000)'nin uyguladığı yöntemle göre 654 nm'de absorpsiyon (A) değerleri spektrofotometrede (Shimadzu 1208 Model, Tokyo, Japan) okunarak µmol/mg T.A. olarak hesaplanmıştır.

2.2. Malondialdehit (MDA) belirlenmesi: Lutts vd. (1996)'nin yöntemi esas alınarak 532 ve 600 nm'de absorpsiyon değerleri spektrofotometrede (Shimadzu 1208) okunarak µmol/g T.A. olarak hesaplanmıştır.

2.3. Prolin miktarının belirlenmesi: Bates vd. (1973)'nin geliştirildiği yöntemle göre, 520 nm'de spektrofotometrede (Shimadzu 1208) okunarak µmol/mg T.A. olarak hesaplanmıştır.

2.4. İyon analizleri: Taleisnik vd. (1997), tarafından bildirilen yöntemle göre ekstraktlarda Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ iyonları ICP cihazı ile analiz edilerek µg/mg K.A. olarak hesaplanmıştır.

2.5. İstatistik Analizler: Tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekrarlı her tekrarda 20, toplamda ise 480 tohum kullanılmıştır. Sonuçlar varyans analizi bakımından faktörler karşılaştırılarak anlamlı önemli fark (A.Ö.F.) çoklu karşılaştırma yöntemi Anova ile incelenmiştir.

3. Bulgular

Salisilik asit (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) ile sodyum klorürün (50, 75, 100, 125 ve 150 mM) farklı konsantrasyonlarından oluşan Hoagland besin çözeltisi kullanılarak yetiştirilen soya (*Glycine max L.*) fidelerinde meydana gelen değişimler aşağıdaki gibidir.

Klorofil miktar analiz sonuçları (Tablo 1 ve 2) kontrolde; 70±1 ile 81±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresinde 53±4 ile 53±4 µg/mg T.A. arasında, tuz stresini+SA ortamında ise 61±3 ile 89±4 µg/mg T.A. oranlarında meydana gelmiştir. Klorofil miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.005).

Tablo 1. Tuz stresinde yetiştirilen soyada klorofil, MDA ve Prolin miktarları.

Uygulamalar (NaCl)	Klorofil (µg/mg T.A.)	MDA (µg/mg T.A.)	Prolin (µg/mg T.A.)
Control	70±1	53±4	7.5±2
50 mM	79±2	51±5	8.7±3
75 mM	77±5	47±2	9.3±4
100 mM	74±2	57±4	13.5±3
125 mM	70±3	63±4	18.2±2
150 mM	67±4	83±4	22.6±4

Klorofil (P= 0.045, stres P=0.056), MDA (P= 0.034, stres P=0.046), Prolin (P= 0.037, stres P=0.048)

Tablo 2. Tuz stresinde yetiştirilen soya bitkisine salisilik asit uygulaması sonucu klorofil, MDA ve Prolin miktarları.

Uygulamalar (NaCl+SA)	Klorofil (µg/mg T.A.)	MDA (µg/mg T.A.)	Prolin (µg/mg T.A.)
Control	61±3	64±3	8.8±2
50 mM NaCl+0.1mM SA	67±2	51±3	8.3±2
75 mM NaCl+0.25 mM SA	79±1	57±2	8.6±3
100 mM NaCl+0.50 mM SA	79±3	59±1	10.1±3
125 mM NaCl+0.75 mM SA	89±4	69±3	12.5±2
150 mM NaCl+1.0 mM SA	94±3	79±4	13.7±3

Klorofil (P= 0.045, stres P=0.056), MDA (P= 0.034, stres P=0.046), Prolin (P= 0.037, stres P=0.048)

MDA miktarı analiz sonuçları (Tablo 2) kontrolde; 45±1 ile 46±2 µg/mg T.A. arasında, tuz stresinde 54±1 ile 87±1 µg/mg T.A. arasında, tuz stresi+SA ortamında ise 51±3 ile 79±4 µg/mg T.A. oranlarında meydana gelmiştir. MDA miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.005).

Aşağıdaki Tablo 3'te görüleceği gibi Na⁺ oranında kontrolde 8.5±3 ile 12.2±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresinde 23.3±3 ile 27.4±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresi+SA ortamında ise 20.3±3 ile 24.4±4 µg/mg T.A. oranlarında meydana gelmiştir. Na⁺ miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde Na⁺ miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.005).

K⁺ oranı kontrolde 15.1±2 ile 20.1±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresinde 12.9±3 ile 16.2±4 µg/mg T.A. arasında, tuz stresi+SA ortamında ise 12.6±2 ile 29.8±5 µg/mg T.A. oranlarında meydana gelmiştir. K⁺

miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde K⁺ miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.005).

Ca⁺⁺ oranında kontrolde 14.9±3 ile 17.6±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresinde 22.4±3 ile 28.9±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresi+SA ortamında ise 25.6±2 ile 27.4±3 µg/mg T.A. oranlarında meydana gelmiştir. Ca⁺⁺ miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde Ca⁺⁺ miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.005).

Aşağıdaki Tablo 3'ten görüleceği gibi Mg⁺⁺ oranında kontrolde 13.1±3 ile 18.1±2 µg/mg T.A. arasında, tuz stresinde 8.8±2 ile 9.5±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresi+SA ortamında ise 13.4±3 ile 17.9±4 µg/mg T.A. oranlarında meydana gelmiştir. Mg⁺⁺ miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde Mg⁺⁺ miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.005).

Tablo 3. Tuz stresinde yetiştirilen soya bitkisinde elde edilen iyon (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) sonuçları

Uygulamalar (NaCl)	Sodyum (µg/mg K.A.)	Potasyum (µg/mg K.A.)	Kalsiyum (µg/mg K.A.)	Mağnezyum (µg/mg K.A.)
Kontrol	12.5±3	13.1±2	14.9±3	13.1±3
50 mM NaCl	23.3±3	12.9±3	22.4±3	8.8±2
75 mM NaCl	25.3±4	12.0±2	25.5±2	5.9±4
100 mM NaCl	28.3±3	15.0±3	26.6±3	9.6±6
125 mM NaCl	26.7±3	14.6±3	28.7±4	7.7±3
150 mM NaCl	27.4±3	15.2±4	28.9±3	9.5±3

Sodyum (p= 0.04, stres p= 0.09), Potasyum (p= 0.033, stres p= 0.0036), Kalsiyum (p= 0.032, stres P= 0.013)

Tablo 4. Tuz stresinde yetiştirilen soya bitkisinde salisilik asit uygulaması sonucu elde edilen iyon (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) miktarları

Uygulamalar (NaCl+SA)	Sodyum (µg/mg K.A.)	Potasyum (µg/mg K.A.)	Kalsiyum (µg/mg K.A.)	Mağnezyum (µg/mg K.A.)
Control	20.3±4	12.6±2	25.6±2	13.4±3
50 mM NaCl+0.1mM SA	22.3±3	14.5±3	25.9±3	15.3±3
75 mM NaCl+0.25 mM SA	23.5±2	14.9±2	27.3±2	15.7±3
100 mM NaCl+0.50 mM SA	23.4±4	20.9±4	26.7±2	17.5±2
125 mM NaCl+0.75 mM SA	24.4±3	29.8±5	25.4±3	17.9±4
150 mM NaCl+1.0 mM SA	21.3±4	35.4±3	23.3±4	17.9±4

Sodyum (p= 0.04, stres p= 0.09), Potasyum (p= 0.033, stres p= 0.0036), Kalsiyum (p= 0.032, stres P= 0.013)

Tablo 4' de görüleceği gibi prolin oranında kontrolde 6.7±4 ile 7.3±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresinde 7.5±2 ile 18.2±3 µg/mg T.A. arasında, tuz stresi+SA ortamında ise 8.3±2 ile 13.7±3 µg/mg T.A. oranlarında meydana gelmiştir. Prolin miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde prolin miktarı üzerine tuz stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.005).

4. Tartışma ve Sonuç

Tuz stresinin giderek artan önemine bağlı olarak, bu stresin azaltılmasına karşın literatürde uygulanan yöntemlerden SA ve prolin'in etkinliğini ayrıntılı bir şekilde karşılaştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Soya yapraklarında klorofil miktarının azalması, tuz stresinden kaynaklanan nekrotik lekeler ve klorozisten kaynaklanmış olabilir (Tablo 1). Murillo vd., (2005) iki farklı domates türüyle yaptıkları çalışmada, tuz stresine toleranslı olan yabancı *Lycopersicon hirsutum* bitkisinde stresle birlikte toplam klorofilde önemli artış olmadığı, tuz stresine hassas olan yerel türde (*Lycopersicon esculentum*) ise istatistiksel olarak önemli değişikliklerin olduğu bildirilmiştir (Murillo vd., 2005). Aynı şekilde farklı oranlarda tuz stresine maruz bırakılan soya yapraklarında klorofil miktarının azalmaya başladığı rapor edilmiştir (Islam vd., 2007; Doğan, 2011). Yukarıda klorofil ile ilgili yapılan çeşitli değerlendirmeler ışığında klorofil miktarının azalması tuz stresinden kaynaklanan kısmi yaprak dökülmelerinin etkisi, yaprak sararması, az sayıda yaprağın elde edilmesi gibi sebeplerden kaynaklanmış olabilir (Doğan vd., 2010a). Çünkü araştırmanın ilerleyen günlerinde stres şiddetlenmiş, bitkilerin strese karşı önlem olarak yaşlı yapraklarını döktüğü gözlenmiştir. Bütün bu gerekçeler klorofil miktarının düşmesine sebep olmuştur. SA uygulamasıyla klorofil miktarındaki artma, SA'in olumlu bir etki yaptığı anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda yapılan birçok çalışma bu görüşümüzü desteklemektedir (Srivastava ve Dwivedi, 2000; Simaei vd., 2011; Hao ve., 2011).

MDA ile ilgili yapılan birçok çalışmada, tuz stresiyile lipid peroksidasyonunun arttığı yönündedir (Doğan vd., 2010a; Doğan, 2012). Bu bağlamda, mısır ve hiyarda yürütülen denemelerde tuz stresinin neden

olduğu en karakteristik değişikliğin lipid peroksidasyonundaki artış olduğu bulunmuştur (Shalata vd., 2001; Munne-Bosch, ve Penuelas, 2003). Kendall ve McKersie (1989)'nin bildirdiğine göre, stres koşullarında üretilen aktif O₂ radikalleri membranlarda lipid peroksidasyonuna neden olmakta, membran tahribatına yol açmaktadır. Tuz stresinin domates yapraklarında MDA miktarını artırdığını, soyda oluşan MDA içeriğindeki artışın oksidatif hasarın bir göstergesi olduğu belirtilmiştir (Hodges vd., 1999; Doğan vd., 2010a; Doğan, 2012). Tuz stresinin etkili olması sonucu, hücre hasarının oluşmasına dolayısı ile MDA miktarının artmasına sebep olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 2). SA uygulamasıyla MDA miktarının azalmış olması SA'in strese karşı bitki hücrelerinde tolerans artırıcı etki yaptığı birçok çalışmayla da desteklenmektedir (Srivastava ve Dwivedi, 2000; Simaei vd., 2011; Hao ve., 2011).

Tuz stresi sonucu yapraklarda Na⁺ miktarı kontrole göre anlamlı derecede yüksek seyrettiği gözlenmiştir (Tablo 3). Tuz stresinden kaynaklanan hücresel düzeydeki hasarın etkili olduğu anlaşılmaktadır. İçsel stres faktörlerin etkilendiği, soya yapraklarında oluşan Na⁺ içeriğindeki artış şüphesiz su ihtiyacının bir göstergesi olduğu ayrıca ifade edilebilir (Tablo 3). Son yıllarda yapılan çalışmalarda, tuzluluk artışıyla bitkilerin almış oldukları yüksek miktarlardaki Na⁺ iyonunun bitki iyon dengesini olumsuz etkileyerek toksik etki yaptığı fikri kabul edilmektedir (Marschner, 1997; Botella vd., 1997). İyon dengesizliğinin bitkinin beslenme rejimini olumsuz etkileyerek, metabolik olaylarda kullanılan temel elementlerin alınımını önlediği, bunun da bazı fizyolojik sorunların ortaya çıkmasına neden olabileceği belirtilmiştir (Gorham vd., 1985b). Mutlu, (2005), ayçiçeğinde, Doğan vd., (2010b) tuz stresi ortamında yetiştirilen domateste bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarında stresin derecesi ve süresine göre Na⁺ miktarlarının arttığını, meydana gelen artışın, doğrudan ya da dolaylı olarak bitki gelişimini etkilediğini saptamıştır. SA uygulamasıyla Na⁺ miktarında çok az da olsa azalan bir seyir izlemesi olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir.

Tuz stresi ortamında soya yapraklarında ortalama potasyum değerlerinin kontrole göre azalması, soyanın çevresel stres faktörlerinden etkilendiği, SA uygulaması sonucu K⁺ miktarının artması olumlu bir

etki yaptığı sonucunu ortaya çıkartmaktadır (Tablo 3). Tuz stresi uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürmüşlerdir. Böylece diğer bileşiklerle beraber Na⁺ iyonunun gereğinden fazla alınması sonucu, oluşan rekabet nedeniyle K⁺ noksanlığının ortaya çıktığı düşünülmektedir (Ghoulam vd., 2002; Chattopadhyay vd., 2002; Murillo-Amador vd., 2005).

Ca⁺⁺ miktarı tuz stresi ortamında kontrole göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 3). SA uygulanmasıyla tuz stresine karşı direnç oluştuğu, stresten kaynaklanan hasarın, onarılmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır. SA uygulaması Ca⁺⁺ miktarının dengede tutulması anlamında şüphesiz olumlu bir gösterge olarak kabul edilebilir (Tablo 3). Ca⁺⁺ hücre zarında adeta çimento görevi gören bir element olduğundan, stresten kaynaklanan hücre zarı hasarını önlediği anlamına gelebilecek katkı sağladığını söyleyebiliriz. (Marschner, 1995; Doğan, 2003; Murillo-Amador vd., 2005).

Tuz stresinde Mg⁺⁺ miktarında görülen azalmanın nedeni ilk günlerden itibaren bitkilerin stresten etkilendiği, yapraklarını döktüğü, Mg⁺⁺ miktarının buna bağlı azaldığı, bitkilerin kendilerini regüle edemediği anlaşılmaktadır (p<0.005). Tuz stresi ortamında ortalama Mg⁺⁺ değerlerinin kontrolden düşük olması soyanın stresten fazlaca etkilendiği sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Stres şartlarında klorofil miktarında meydana gelen azalma nedeniyle, Mg⁺⁺ miktarının azaldığını söyleyebiliriz. SA uygulamasına bağlı olarak Mg⁺⁺ miktarının artması, olumlu bir gösterge olmakla birlikte bu elementin klorofille ilişkili olduğu fikrini vermektedir (Tablo 5).

Stres ortamında soya yapraklarında prolin düzeyinin kontrole göre önemli bir oranda değişmiş olması, tuz stresinden kaynaklanan hasarın oluştuğu anlamına gelmektedir. SA uygulamasıyla prolin miktarında azalma meydana gelmesi olumlu bir göstergedir (Tablo 4). Yapılan bir çok çalışma bulgularımızı destekler niteliktedir (Srivastava ve Dwivedi, 2000; Simaei vd., 2011; Hao vd., 2011). Örneğin, portakalda (Yelenosky ve Yu, 1992) düşük sıcaklığa karşı tolerans ile prolin miktarı arasında, yoncada (Paquin, 1977), halofitlerde (Popp ve Albert, 1981), kışlık kolza ve kışlık buğdayda (Stefl vd., 1978) pozitif ilişki bulunmuştur.

Sonuç olarak, soya (*Glycine max L.*) bitkisine uygulanan tuzun, bitkinin fizyolojik özelliklerini, beslenmesini ve gelişimini olumsuz etkilediği, uygulanan SA bu olumsuz etkileri belirli ölçülerde tolere ettiği belirlenmiştir. Bu bağlamda, soya bitkisine tuz stresi ve SA dozlarının vereceği tepkiler farklı olmakla beraber genel olarak salisilik asit ve prolin tuz stresine karşı koruyucu özellik gösterdiği, 1.0 mM SA dozu tuz stresine tolerans artırıcı etki yaptığı sonucuna varılmıştır.

5. Kaynaklar

Ashraf, M., 1989. The effects of NaCl on water relations chlorophyll, protein and proline contents of two cultivars of black gram (*Vigna mungo L.*), Plant Soil, 119, 205-210.

Ashraf, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants, Critical Reviews in Plant Sciences, 13(1), 27-42.

Bates, L. S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water- stress studies. Plant and Soil, 39, 205-207.

Battal, P., Erman, M., Çelik, İ., Berber, İ., Türker, M., Erez, M. E., Oğuz, F., 2008. Kuraklık stresi altında yetiştirilen bazı mercimek (*Lens culinaris* Medik.) çeşitlerinde prolin, osmotik potansiyel ve şeker düzeylerindeki değişikliklerin belirlenmesi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.

Bezrukova, M. V., Sakhabutdinova, R., Fatkhutdinova, R. A., Kyldiarova, I., Shakirova, F., Sakhabutdinova, A. R. 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ), 2, 51-54.

Botella M.A., Martinez J., Cerda, A., 1997. Salinity induces potassium deficiency in maize plants, Journal of Plant Physiology, 152, 299-303.

Burkhanova, E. A., Fedina, A. B., Kulaeva, O. N., 1999. Effect of salicylic acid and (2-5)-oligoadenylates on protein synthesis in tobacco leaves under heat shock conditions: A comparative study. Russian Journal of Plant Physiology, 46, 16-22.

Cavalieri, A.J., Huang, A.H.C., 1979. Evaluation of proline accumulation in the adaptation of diverse species of marsh halophytes to the saline environment. American Journal of Botany, 66, 307-312.

Chattopadhyay, M. K., Tiwari, B. S., Chattopadhyay, G., Bose, A., Sengupta, D.N., Ghosh, B., 2002. Protect role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plants. 116, 192-199.

Chen, W.P., Li, P.H., Chen, T.H.H., 2000. Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. Plant, Cell environment, 23, 609-618.

Cuartero, J., Fernandez-Munoz, R., 1999. Tomato and salinity, Scientia Horticulturae. 78, 83-125.

Delauney, A.J., Verma, D.P.S., 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. The Plant Journal 4, 215-223.

- Demirezen, Yılmaz, D., 2008. Tuzluluk ve kuraklık stresinin *Groenlandia densa*'da büyüme etkisi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.
- Doğan, M., 2003. A study on the toxic element accumulation in onion (*Allium cepa* L.) irrigated by wastewater of Karakoyun stream in Şanlıurfa, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12(48), 1-3.
- Doğan, M., Kılıç, H., Aktan, A., Can, N.E., 2009. Calcium amount variations in tomato (*Lycopersicon Sp.*) seedlings under salt stress. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 212, 103-08.
- Doğan, M., Tıpırdamaz, R., Demir, Y., 2010a. Effective salt criteria in callus-cultured tomato genotypes, *A. Journal of Biosciences*, 65, 613-618.
- Doğan, M., Tıpırdamaz, R., Demir, Y., 2010b. Salt resistance of tomato species grown in sand culture, *Plant Soil Environment*, 56(11), 499-507.
- Doğan, M., 2011. Antioxidative and proline potentials as a protective mechanism in soybean plants under salinity stress. *Africa Journal of Biotechnology*, 10(32), 5972-5978.
- Doğan, M., 2012. Investigation of the effect of salt stress on the antioxidant enzyme activities on the young and old leaves of salsola (*Stenoptera*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *African Journal of Plant Science*, 6(2), 62-72.
- Ellis, R.H., Roberts, E.H., Summerfield, R.J., Cooper, J.P., 1988. Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Rate of development as a function of temperature and photoperiod and its modification by low temperature vernalization, *Annals of Botany*, 62, 145-158.
- Gadallah, M.A.A., 1999. Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. *Biologia Plantarum*, 42(2), 249-257.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K., 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 47, 39-50.
- Gorham, J., McDonnell, E., Wyn Jones, R.G., 1985b. Salt tolerance in the *Triticaceae*: growth and solute accumulation in leaves of *Thinopyrum bessa rabicum*, *Journal of Experimental Botany*, 36, 1021-1031.
- Hao, J.H., Wang, X.L., Dong, C.J., Zhang, Z.G., Shang, Q.M., 2011. Salicylic Acid Induces Stomatal Closure by Modulating Endogenous Hormone Levels in *Cucumis cotyledons*. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(5), 906-913.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. *Circ. Calif. Agr. Exp. Sta.*, 347-461.
- Hodges, D.M., Delong, J.M., Forney, C.F., Prange, R.K., 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207, 604-611.
- Islam, S., Malik, A.I., Islam, A.K.M.R., Colmer, T.D., 2007. Salt tolerance in a *Hordeum marinum* *Triticum aestivum* amphiploid and its parents, *Journal of Experimental Botany*, 58, 1219-1229.
- Kendall, E.J., Mckersie, B.D., 1989. Free radical and freezing injury to cell membranes of winter wheat. *Physiology Plant*. 76, 86-94.
- Kushad, M.M., Yelenkosky, G., 1987. Evaluation of polyamine and proline levels during low temperature acclimation of citrus. *Plant Physiology*, 84, 692-695.
- Lin, C.C., Kao, C.J., 1996. Proline accumulation is associated with inhibition of rice seedling root growth caused by NaCl. *Plant Science*, 114, 121-128.
- Luna, C., Seffino, L.G., Arias, C., Taleisnik, E., 2000. Oxidative stress indicators as selection tools for salt tolerance in *Chloris gayana*, *Plant Breeding*, 119, 341-345.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl-Induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance, *Annals of Botany*, 78, 389-398.
- Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London, GB.
- Marschner, H., 1997. Mineral nutrition of higher plants, 2. nd. Edition Academic Press, London, 889pp.
- Medvedev, S.S., Markova, I.V., 1991. Participation of salicylic acid in gravitropism in plants. *Doklady Akademii Nauk SSSR (in Russian)*, 316, 1014-1016.
- Mettraux, J.P., 2001. Systemic acquired resistance and salicylic acid: current state of knowledge. *European Journal of Plant Pathology*, 13-18.
- Mikolajczyk, M., Awotunde, O.S., Muszynska, G., Klessig, D.F., Dobrowolska, G., 2000. Osmotic stress induces rapid activation of a salicylic acid-induced protein kinase and a homolog of protein kinase ASK1 in tobacco cells. *Plant Cell*, 12, 165-178.
- Mishra, A., Choudhuri, M. A., 1999. Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biology of Plant*, 42, 409-415.

- Morris, K., Mackerness, S. A., H. Page T., 2000. Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *The Plant Journal*, 23, 677-685.
- Munne-Bosch, S., Penuelas, J., 2003. Photo-and antioxidative protection during summer leaf senescence in *Pistacia lentiscus* L. Grown under mediterranean field conditions. *Annals of Botany* 92, 385-391.
- Murillo-Amador, B., Jones, H.G., Kaya, C., Aguilar, R.L., Garcia-Hernandez, J.L., Troyo-Dieguez, E., Avila-Serrano, N.Y., Rueda-Puente, E., 2005. Effects of foliar application of calcium nitrate on growth and physiological attributes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 188-196.
- Mutlu, F., Bozcuk, S., 2005. Effects of salinity on the contents of polyamines and some other compounds in sunflower plants differing in salt tolerance *Russian Journal of Plant Physiology*, 52(1): 29-34.
- Pasternak, D., 1987. Salt tolerance and crop production: a comprehensive approach. *Annual Review of Phytopathology*, 25, 271-291.
- Pan, C.L., Howell, J.E., Clark, S.G., Hilliard, M., Cordes, S., Bargmann, C.I., Garriga, G., 2006. Multiple Wnt and frizzled receptors regulate anteriorly directed cell and growth cone migrations in *Caenorhabditis elegans*. *Development Cell* 10, 367-377.
- Paquin, R., 1977. Effect des basses temperatures sur la resistance au gel de la luzerne (*Medicago media Pers.*) et son contenu en proline libre. *Physiologie Vegetable*. 15(4), 657-665.
- Popp, M., Albert, R., 1981. Jahreszeitliche und altersbedingte Variationen im Stickstoffhaushalt von Halophyten. *Berichte Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 94, 171-180.
- Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol.* 43, 439-463.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, T., Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30, 157-161.
- Shakirova, F.M., Bezrukova, M.V., 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24, 109-112.
- Shalata, A., Mittova, V., Volokita, Guy, M., Tal, M. 2001. Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennelli* to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system, *Physiologia Plantarum*, 112, 487-494.
- Simaei, M., Khavarinejad, R.A., Saadatmand, S., Bernard, F., Fahimi, H. 2011. Interactive Effects of Salicylic Acid and Nitric Oxide on Soybean Plants under NaCl Salinity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(5), 783-790.
- Srivastava, M.K., Dwivedi, U.N., 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158, 87-96
- Stefl, M. Tracka, I., Vratny, P., 1978. Proline biosynthesis in winterplants due to exposure to low temperatures. *Biology of Plant*, 20, 119-128.
- Taleisnik, E., Peyrano, G, Arias, C., 1997. Response of *Chloris gayana* cultivars to salinity, 1. Germination and early vegetative growth, *Tropical Grasses*, 31, 232-240.
- Tohma, Ö., 2007. Çilekte salisilik uygulamasının tuz stresine dayanıklılık üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 62 s, Erzurum.
- Venekamp, J.H., 1989. Regulation of cytosol acidity in plants under conditions of drought. *Physiologia Plantarum*, 76, 112-117.
- Yakıt, S., 2006. Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkisinde (*Zea mays* L.) Stres Parametreleri Üzerine Ca, Mg ve K'nin Etkileri, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji A.B.D., 19(1), 59-67.
- Yelenosky, G., Vu, J.C.V., 1992. Agabeylity of valencia sweet orange to cold-acclimate on cold-sensitive citron rootstock. *Hortscience*, 27 (11), 1201-1203.