



Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi

MM106 Anacına ve Üzerine Aşılı Golden Delicious Elma Çeşidine Tuz Stresinin Etkileri

Duygu Akçay¹, Ahmet Eşitken¹

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi 29 Mart 2016

Kabul tarihi 10 Ağustos 2016

Anahtar Kelimeler:

Tuz Stresi

Anaç

Elma

Tolerans

ÖZET

Deneme, aşısız MM106 anacına ve MM106 anacına aşılı Golden elma çeşidinin tuz stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi amacıyla Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkilerine ait yetiştirme serasında 2014-2015 yıllarında yürütülmüştür. Bitkilere 2 farklı şekilde tuz stresi uygulanmıştır; bir grup bitki tuzlu ortama (yetiştirme ortamı 2.5-3.0 mS cm⁻¹ EC'ye gelene kadar NaCl içeren suyla sulanarak ortamın tuzlu olması sağlanılmıştır) dikilmiş ve diğer grup da tuz içermeyen ortama dikilip bitkilerin sürgünleri 10 cm boyuna geldiğinde 35 mM NaCl' li sulama suyu ile sulanmıştır. Tuz stresine maruz bırakılan fidanların ortamı 2.5-3.0 mS cm⁻¹ EC arasında kalması sağlanılmıştır. Çalışma sonucunda yaprak sıcaklığı, membran geçirgenliği, SPAD değeri, yaprak su oransal içeriği ve stoma iletkenliği parametreleri belirlenmiştir. Uygulamadan bir ay sonra ve 4 ay sonra yapılan ölçümler sonucunda membran geçirgenliğinde en yüksek değere tuzlu ortama dikilen bitkilerde sırasıyla (sırasıyla 45.3 ve 38.9) olarak belirlenmiştir. En yüksek stoma iletkenliği her iki bitki grubunda da kontrolde (sırasıyla 322 ve 268) belirlenirken en düşük tuzlu ortama dikilen bitkilerde (sırasıyla 123 ve 138) tespit edilmiştir. En yüksek LRWC 1. Ay ve 4 ay sonrasında da 81.6 ve 67.7 değeri ile kontrolde görülmüştür. Uygulamadan 1 ay ve 4 ay sonrasında yapılan ölçümlerde en yüksek SPAD (sırasıyla 59.3 ve 48.6) kontrolde görülürken en düşük SPAD (32.6 ve 41.7) tuzlu ortamda görülmüştür.

Effects of Salt Stress on MM106 Rootstock and Golden Delicious Apple Variety Grafted on MM106

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 March 2016

Accepted 10 August 2016

Keywords:

Salt Stress

Rootstock

Apple

Tolerance

ABSTRACT

The experiment was conducted in Selçuk University, Faculty of Agriculture, greenhouse of Department of Horticulture in 2014-2015 in order to determine the effects of salt stress on ungrafted MM106 and Golden cv grafted on MM106. Plants were exposed to salt stress in two ways; some plants were planted in growing media possessed salinity (at first, growing media were irrigated with NaCl solution until EC arrived 2.5-3.0 mS cm⁻¹) and other plants were planted in growing media without salinity, then irrigated with 35 mM NaCl solution after the plants' shoot length were 10 cm. Growing media's salinity of plants exposed salt stress maintained in a range of 2.5-3.0 mS cm⁻¹ EC. End of the study, leaf temperature, membrane permeability, SPAD value, leaf relative water content and stomatal conductivity were determined. In the experiment after 1 and 4 months, the highest membrane stability was determined as 45.3 and 38.9, respectively in salted media plants. The highest stomatal conductivity value was determined in both plant group's control as 322 and 268, respectively while the lowest value was in salted media plants as 123 and 138, respectively. After 1 and 4 months, the highest LRWC were obtained in control as 81.6 and 67.7, respectively. After 1 and 4 months, the highest SPAD value was determined control (59.3 and 48.6, respectively) while the lowest SPAD was in salted media plants as 32.6 and 41.7.

* Sorumlu yazar email: d_akcay42@hotmail.com

1. Giriş

Tuzluluk, artan insan nüfusu ile birlikte dünyamızda verimli tarımı tehlikeye atmakta ve tarımsal üretimi önemli düzeyde kısıtlayan çevre faktörlerinden biridir (Botella ve ark., 2005). Tuzluluk, oluşma nedenlerine göre primer (doğal) ve sekonder tuzluluk olarak iki gruba ayrılabilir. Primer tuzluluğun oluşma sebeplerini; tuz deposu okyanuslar, ana kayaların ayrışması ve iklimsel etmenler oluşturmaktadır (Munns ve Tester, 2008). Sekonder tuzluluğun oluşma nedenleri ise; aşırı otlatma, tarımsal alanlarda yoğun sulama ile çeşitli tuzlar bakımından zengin yer altı sularının seviyesinin toprak yüzeyine kadar yükselmesi, bir bölgenin doğal jeotasyonunun yok edilerek tarım arazilerine açılması ve toprakların tuzluluğa sebep olan kimyasallarla kontaminasyonu olarak sıralanabilmektedir. Dünyadaki tuzdan etkilenmiş toprakların büyük kısmı Na_2SO_4 ve NaCl 'nin sebep olduğu tuzlu topraklardan oluşturmaktadır (Pessarakli ve Szabolcs, 1999).

Tuz stresi, bitkilerin gelişimini ve büyümesini osmotik ve iyon stresine neden olarak engellemektedir (Parida ve Das, 2005). Kullanılabilir su miktarının azalması ile hücre genişlemesinin azalmasına ve sürgün gelişiminin yavaşlamasının neden olmaktadır. Kök rizosferinde tuz miktarının artması sonucunda ilk olarak osmotik stres oluşur. Oluşan bu dışsal osmotik stres, kullanılabilir su miktarının da azalmasına neden olmakta ve bu olay "fizyolojik kuraklık" olarak da adlandırılmaktadır (Tuteja, 2007). Tuz stresi ile ortamdaki osmotik basınç artarak kullanılabilir su içeriğini azaltmaktadır. Bu sorunla karşı karşıya kalan bitkilerde ise transpirasyon ile su kaybını önlemek için meydana gelen ilk tepki, stomaların kapanması olmaktadır. Stomaların kapanması transpirasyonu engelleyerek stoma iletkenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Munns ve Tester, 2008). Stoma iletkenliğinin azalması ile kloroplastlara giren CO_2 miktarı sınırlandırılmakta (Degl'Innocenti ve ark., 2009) ve bu nedenle asimilasyon oranı da azalmaktadır. Elma anaçlarının tuz stresine dayanıklılığını belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada M4 elma anacı (*Malus domestica Borkh*) ve 3 farklı dozda NaCl (35.100 ve 200 mM) kullanılmış ve ayrıca her iki dozda CaCl_2 (5 ve 10 mM) eklenmiştir. NaCl ve CaCl_2 'nin artan konsantrasyonları ile bitkiciklerin N, Na, Cl, prolin ve çözünebilir şekerlerde artış olurken K, Mg, B, Zn ve klorofil içeriğinde azalma olmuştur (Sotiropoulos, 2007). MM106 elma anacının sürgün kültüründe tuz stresine verdiği tepkileri belirlemeye yönelik bir çalışmada MS ortamına NaCl ve KCl eklenerek ozmotik potansiyel -1.0 MPa'a tamamlanmıştır. Çalışma sonucunda eksplantların yaprak su içeriği ve klorofil miktarı azalmış ve prolin miktarı artmıştır. Deneme sonunda MM 106 eksplantlarının tuz stresine tepkilerini belirlemede Na birikiminin indikatör olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Molassiotis ve ark., 2006). Bazı Çin elma anaçlarının yüksek tuzluluğa verdiği tepkiler incelemek üzere yapılan bir çalış-

mada, 200 mM'lar NaCl 10 gün boyunca bitkilere uygulanmıştır. Bunun sonucunda oransal su içeriği azalırken iyon sızıntısı, *peroksidaz* ve *katalaz* enzim aktivitelerinde artış gözlemlenmiştir (Yin ve ark., 2010). *Malus prunifolia* elma anacının tuz stresine fizyolojik tepkilerini ve toleransını belirlemeye yönelik bir çalışmada 9 tane genotip kullanılmış olup 10 gün boyunca 150 mM NaCl uygulanmıştır. Yüksek tuzluluk koşullarında iyon sızıntısı hariç diğer tüm gelişim parametreleri (oransal su içeriği, fotosentetik oran vd.) kontrol grubuna kıyasla azalmıştır (Fu ve ark., 2013).

Tuz stresi sonucunda bitkilerin savunma mekanizmalarının tespit edilmesi açısından stres sonucunda bitkinin bünyesinde meydana gelen metabolik aktivitelerdeki değişikliklerin belirlenmesi büyük bir önem arz etmektedir. Ayrıca anaçlar arasındaki strese karşı verilen farklı tepkilerin tespit edilmesi de toleransın artırılmasında oldukça önemlidir. Bu amaçla çalışmamızda MM106 anacı ve bu anaca aşılı Golden Delicious elma çeşidinde farklı şekilde NaCl tuz streslerine maruz bırakılarak (tuzlu ortama dikim ve 35 mM NaCl ile sulama) tuz stresine karşı verilen tepkiler tespit edilmiş ve böylece savunma mekanizması ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkilerine ait yetiştirme serasında 2014-2015 yıllarında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Bitkiler, torf, perlit ve toprak içeren 13 litrelik saksılara dikilmiş ve 2 farklı şekilde tuz stresine maruz bırakılmaya başlanılmıştır; bir grup fidan tuzlu ortama (yetiştirme ortamı 2.5-3.0 mS cm^{-1} EC'ye gelene kadar NaCl içeren suyla sulanarak ortamın tuzlu olması sağlanılmıştır) dikilmiş ve diğer grup da tuz içermeyen ortama dikilip fidanların sürgünleri 10 cm boyuna geldiğinde 35 mM NaCl 'li sulama suyu ile sulanmıştır. Tuzlu ortama dikilen fidanlar ilk başlarda tuz içermeyen su ile sulanmış olup ortamın EC'si 2.5 mS cm^{-1} 'un altına düştüğünde tuzlu su ile sulanarak 2.5-3.0 mS cm^{-1} EC arasında kalması sağlanılmıştır. Fidanların bakım işleri ve zirai mücadelesi genel yetiştiricilik prensiplerine göre yapılmıştır. Deneme boyunca ortam EC'si kontrol edilerek tuzluluk seviyesinin 3.0 mS cm^{-1} sınırını geçmemesi sağlanmıştır. Tuz stresi uygulaması başlamasından 1 ay ve yaklaşık 3 ay sonrasında bitkiler membran geçirgenliği, SPAD, yaprak oransal su içeriği ve yaprak sıcaklığı belirlenmiştir.

Membran geçirgenliği tayini; Her biri 1 cm^2 büyüklüğünde 3 yaprak diski alınmış ve cam tüpler içinde 3 kez deiyonize sudan geçirilmiştir. Bu işlemin ardından 10 ml su ekleyip kapalı viyallerde 24 saat 25°C'de çalkalanmıştır. Hemen ardından EC (C_1) ölçülmüştür, aynı örnekler 20 dakika 120°C'de otoklavda bekledikten sonra 25°C'de yine EC ölçümü yapılmıştır (C_2). Membran geçirgenliği formülle (Membran geçirgenliği = $C_1/C_2 \times 100$) belirlenmiştir (Lutts ve ark.,

1996). Göreceli yaprak klorofil miktarı; SPAD-klorofilmetre cihazı ile ölçümü yapılmıştır. Yapraktaki oransal su içeriği (LRWC); tuz stresine başladıktan 1 ve 4 ay sonra bitkilerden sürgünlerin ortasında bulunan yapraklardan alınarak yaş ağırlıkları (YA), turgorlu ağırlıkları (TA) ve kuru ağırlıkları (KA) belirlenmiş ve formüle $(LRWC (\%) = [(YA-KA)/(TA-KA)] \times 100)$ göre yaprak oransal su içeriği tespit edilmiştir (Smart ve Bingham, 1974). Stoma iletkenliği; "Leaf Porometer" isimli cihaz ile ölçülmüştür. Yaprak sıcaklığı; "Infrared Thermometre" cihazı ile ölçülmüştür. Uygulamalar sonucunda sezon sonunda fidanlarda ölçüm yapıp elde edilen verilerin kıyaslanmasında SPSS paket programı kullanılarak Duncan'ın çoklu karşılaştırma testinde %5 önem seviyesinde belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmamızda MM106 anacı ve bu anaca aşılı Golden Delicious elma çeşidi NaCl tuz stresine maruz bırakılarak tuz stresine karşı verilen tepkiler tespit edilmiştir.

3.1. Membran Geçirgenliği

Her iki tuz uygulaması da uygulamadan 1 ay ve 4 ay sonra yapılan analizlerde hem MM106 anacında hem de üzerine aşılı Golden Delicious çeşidinde kontrole göre membran geçirgenliğinin artmasına sebep olmuştur (Tablo 1 ve 2). Uygulamadan 1 ay sonra yapılan analizlerde MM106 anacında ve Golden Delicious çeşidinde en düşük membran geçirgenliği (sırasıyla %30.9 ve %24.8) belirlenirken en yüksek değerler tuzlu ortama dikilen bitkilerde (sırasıyla %45.3 ve %38.9) elde edilmiştir. Benzer şekilde uygulamadan 4 ay sonra yapılan analizlerde de membran geçirgenliğinin tuz uygulaması ile arttığı ve tuzlu ortama dikilen bitkilerde artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Uygulamadan 4 ay sonra MM106 anacında ve Golden Delicious çeşidinde belirlenen membran geçirgenliğinde en yüksek değerler tuzlu ortama dikilen bitkilerden elde edilmiş bunu tuz çözültisi uygulanan bitkiler izlemiş ve en düşük kontrolde belirlenmiştir.

Hücre membranları bir çok biyokimyasal ve biyofiziksel reaksiyonlara destek olan dinamik yapılarıdır (Campos ve ark., 2003). Bunlar ayrıca çevresel streslerin hedefi durumundadır (Leshem, 1992). Bu membranlardaki stabilitenin derecesi bitkilerin abiyotik strese toleransı ile ilişkilidir (Prenachandra ve ark., 1992). Çalışmamızda da tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde membran geçirgenliğinin artması tuz stresinden bitkilerin zarar gördüğünü göstermektedir. Benzer sonuçlar El-Tayeb (2005), Kaya ve ark., (2002) ve Lutts ve ark., (1996) tarafından da bildirilmiştir.

3.2. Stoma İletkenliği

Stoma iletkenliği uygulamadan hem 1 ay hem de 4 ay sonra yapılan ölçümlerde NaCl uygulaması ile önemli derecede azalmıştır. En yüksek stoma iletkenliği

her iki bitki grubunda da kontrolde belirlenirken en düşük tuzlu ortama dikilen bitkilerde tespit edilmiştir. Uygulamadan 1 ay sonra yapılan ölçümlerde MM106 anacında tuzlu çözültinin etkisi belirgin hale gelmiştir. Buna karşılık tuzlu ortama dikilen bitkilerde stoma iletkenliği hem 1 ay hem de 4 ay sonra yapılan ölçümlerde bariz bir şekilde azalmıştır. MM106 üzerine aşılı Golden Delicious çeşidinde ise hem 1 ay hem de 4 ay sonra yapılan ölçümlerde her iki uygulamasında da stoma iletkenliği kontrole göre önemli seviyede azalmıştır.

Stoma iletkenliğinin ve transpirasyon oranının azalması tuzluluk stresine karşı uyum sağlama mekanizması olarak düşünülmektedir (Clark ve ark., 1999). Bizim çalışmamızda da kontrol grubuna kıyasla 35 Mm NaCl tuz uygulanan ve tuzlu ortama dikilen bitkilerde stoma iletkenliğinin azalması bir savunma mekanizması olarak düşünülebilir. Tuz stresinin stoma iletkenliği üzerine etkisi hem Na ve Cl'un iyonik etkisinden hem de tuzun suyu tutmasına bağlı olarak ozmotik etkisinden kaynaklanabilir.

3.3. Yaprak Oransal Su İçeriği (LRWC)

Tuzluluğun bitkilerde meydana getirdiği en önemli etkilerden biri de yaprağın su içeriğini değiştirmesidir. Tuz uygulamaları gerek uygulamadan 1 ay sonra gerekse 4 ay sonra yapılan analizlerde LRWC önemli derecede azalmıştır. Tuz uygulamasından 1 ay sonra yapılan analizde hem MM106 anacında hem de Golden Delicious çeşidinde her iki tuz uygulamasında yaprak oransal su içeriğinin önemli şekilde azalmasına yol açmıştır. Her iki bitki materyalinde de en yüksek LRWC kontrolde belirlenirken en düşük tuzlu ortama dikilen bitkilerde tespit edilmiştir. Uygulamadan 4 ay sonra yapılan analizlerde MM106 anacında tuz uygulamasının LRWC üzerine etkileri istatistiki olarak önemli olurken Golden Delicious çeşidinde de LRWC de meydana gelen düşük değer istatistiki olarak önemli seviyede belirlenmemiştir.

Yapraktaki oransal su içeriğinin azalması turgor kaybını göstermekte olup hücre büyümesi işlemi için ihtiyaç duyulan suyu kısıtlar (Sirivastava ve ark., 1988). Tuz stresi sonucunda ozmotik düzenlemeler bir çok odunsu bitki türünde bildirilmiştir (Singh ve ark., 2000; Molassiotis ve ark., 2006). Bu çalışmalara benzer şekilde tuz stresinin sonucunda yapraktaki oransal su içeriği düşmüştür.

3.4. Göreceli Klorofil Miktarı (SPAD Değeri)

Tuz uygulaması MM106 anacında ve üzerine aşılı Golden Delicious çeşidinde SPAD değerinin azalmasına yol açmıştır. Uygulamadan 1 ay sonra yapılan ölçümlerde meydana gelen düşüş istatistiki olarak önemli bulunurken 4 ay sonra yapılan ölçümlerde belirlenen SPAD değeri düşüşü istatistiki olarak önemli olmamıştır. Her iki bitkide de ölçüm zamanında en yüksek SPAD değeri kontrolde belirlenirken en düşük değerler tuzlu ortama dikilen bitkilerde tespit edilmiştir. Uygulamadan 1 ay sonra yapılan ölçümde MM106 ve Golden Delicious da tuzlu ortama dikilen bitkilerde sırasıyla SPAD

32.6 ve 43.0 iken tuz çözeltisi uygulananlarda sırasıyla 45.1 ve 44.9 ve kontrolde sırasıyla 48.1 ve 59.3 olarak belirlenmiştir.

Klorofil miktarı tuza tolerans bakımından değerlendirilecek iyi bir parametre olduğu ileri sürülmüştür (Srivastava ve ark., 1998; Hernandez ve ark., 1995). Artan

NaCl'ye karşı klorofil konsantrasyonundaki azalmaya karşı olan zararlı etki çeltik ve arpa bitkilerinde bildirilmiştir (Belkhdja ve ark., 1994). Bu çalışmada hem Na ve Cl'un iyonik etkisinden hem de yaprak oransal su içeriğinin azalmasına bağlı olarak meydana gelmiş olabilir.

Tablo 1

NaCl uygulamasının elma bitkilerinde bazı fizyolojik özellikler üzerine etkileri (uygulamadan 1 ay sonra)

		Membran Geçirgenliği (%)	Stoma İletkenliği (mmol m ⁻² s ⁻¹)	LRWC (%)	SPAD	Yaprak Sıcaklığı (°C)
MM106	Kontrol	30.9 _{bc}	322 _a	81.6 _a	48.1 _b	27.2 _b
	35 mM NaCl	31.6 _{bc}	302 _a	62.9 _c	45.1 _b	26.6 _b
	Tuzlu Ortam	45.3 _a	176 _c	51.4 _d	32.6 _c	34.0 _a
Golden/MM106	Kontrol	24.8 _c	273 _b	79.9 _a	59.3 _a	24.3 _b
	35 mM NaCl	32.6 _{bc}	167 _c	71.7 _b	44.9 _b	25.6 _b
	Tuzlu Ortam	38.9 _{ab}	123 _d	67.3 _{bc}	43.0 _b	26.6 _b
LSD		11.6	29	6.9	5.0	4.3

Tablo 2

NaCl uygulamasının elma bitkilerinde bazı fizyolojik özellikler üzerine etkileri (uygulamadan 4 ay sonra)

		Membran Geçirgenliği (%)	Stoma İletkenliği (mmol m ⁻² s ⁻¹)	LRWC (%)	SPAD	Yaprak Sıcaklığı (°C)
MM106	Kontrol	20.5 _{bc}	268 _a	67.7 _a	48.6	25.1 _b
	35 mM NaCl	30.8 _a	174 _c	51.7 _{ab}	45.7	25.6 _b
	Tuzlu Ortam	32.3 _a	138 _c	48.8 _b	44.5	27.4 _b
Golden/MM106	Kontrol	18.5 _c	234 _{ab}	63.1 _{ab}	44.2	25.4 _b
	35 mM NaCl	19.5 _c	194 _{bc}	59.1 _{ab}	43.1	24.0 _b
	Tuzlu Ortam	24.5 _b	185 _{bc}	58.8 _{ab}	41.7	35.9 _a
LSD		4.7	52	16	ÖD	4.1

3.5. Yaprak Sıcaklığı

Yaprak sıcaklığı yapılan tuz uygulamasına bağlı olarak ölçümlerin yapıldığı 1 ay ve 4 ayda yükselmiştir. En yüksek yaprak sıcaklığı 1. Ayda yapılan ölçümlerde 34 °C ile tuzlu ortamdaki MM106 anacında 4. Ayda ise 35.9 °C ile yine tuzlu ortamdaki Golden Delicious bitkilerinde belirlenmiştir. En düşük yaprak sıcaklıkları her iki bitki ve ölçüm zamanında kontrol bitkilerinden elde edilmiştir.

Bitki sıcaklığı bitkilerin birçok çevresel faktöre karşı verdiği tepkinin önemli bir göstergesidir. Ayrıca bitki sıcaklığı bitki bünyesindeki birçok fizyolojik olayın gerçekleşmesi için önemli olan bir parametredir (Gates, 1964). Yaprak sıcaklığının stres faktörlerine karşı değiştiği birçok çalışmalar bildirilmiştir (Downes, 1970; Liu ve ark., 2011; Dalil ve Ghassemi- Golezani, 2012). Stres altında olan bitkilerde genelde güneşten gelen yüksek enerjinin olumsuz etkisinden korunmak için yaprağa ulaşan ışık enerjisi boşa harcanmaktadır. Bu amaçla genelde yaprak renginde değişimler yoluyla ışık enerjisi soğrulmadan geri yansıtılmakta bu durumda yaprak sı-

cağında artışlar ortaya çıkmaktadır. Bizim çalışmamızda da tuz stresi altındaki bitkilerde, yüksek ışık enerjisinin olumsuz etkisinden korunmak amacıyla bitkilerin bu savunma mekanizmasını kullandığı görülmektedir.

4. Kaynaklar

- Belkhdja R, Morales F, Abadia A, Gomez- Aparisi J, Abadia J (1994). Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology* 104 (2): 667–673.
- Botella MA, Rosado A, Bressan RA, Hasegawa PM (2005). *Plant Adaptive Responses to Salinity Stress. Plant Abiotic Stress*. Blackwell Publishing Ltd, 270
- Campos PS, Quartin V, Ramalho JC, Nunes MA (2003). Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. plants. *Journal of Plant Physiology* 160(3):283–292
- Clark H, Newton PCD, Barker DJ (1999). Physiological and morphological responses to elevated CO₂ and a soil moisture deficit of temperate pasture species

- growing in an established plant community. *Journal of Experimental Botany* 50 (331): 233–42.
- Dalil B, Ghassemi-Golezani K (2012). Changes in leaf temperature and grain yield of maize under different levels of irrigation. *Research on Crops*. 13(2): 481-485.
- Degl'Innocenti E, Hafsi C, Guidi L, Navari-Izzo F (2009). The Effect of Salinity on Photosynthetic Activity in Potassium-deficient Barley Species. *Journal of Plant Physiology* 166 (18): 1968-1981.
- Downes RW (1970). Effect of light intensity and leaf temperature on photosynthesis and transpiration in wheat and sorghum. *Australian Journal of Biological Sciences* 23(4): 775-782.
- El-Tayeb MA (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45(3): 215-224.
- Fu M, Li CA, Ma F (2013). Physiological responses and tolerance to NaCl stress in different biotypes of *Malus prunifolia*. *Euphytica* 189 (1): 101-109.
- Gates DM (1964). Leaf temperature and transpiration. *Agronomy Journal* 56(3): 273-277.
- Hernandez JA, Olmos E, Corpas FJ, Sevilla F, Del Rio LA (1995). Salt induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science* 105 (2): 151–167.
- Kaya C, Ak BE, Higgs D, Murillo-Amador B (2002). Influence of foliar-applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt-stressed conditions. *Animal Production Science*. 42(5): 631-636.
- Leshem Y (1992). *Plant membranes: a biophysical approach to structure, development and senescence*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht
- Liu Y, Subhash C, Yan J, Song C, Zhao J, Li J (2011). Maize leaf temperature responses to drought: Thermal imaging and quantitative trait loci (QTL) mapping. *Environmental and Experimental Botany* 71(2): 158-165.
- Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J (1996). NaCl-induced Senescence in Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Resistance. *Annals of Botany* 78 (3): 389-398.
- Molassiotis AN, Sotiropoulos T, Tanou G, Kofidis G, Diamantidis G, Therios I (2006). Antioxidant and anatomical responses in shoot culture of the apple rootstock MM 106 treated with NaCl, KCl, mannitol or sorbitol. *Biologia Plantarum* 50 (1): 61-68.
- Munns R, Tester M (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
- Parida AK, Das AB (2005). Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: a Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60 (3): 324-349.
- Pessaraki M, Szabolcs I (1999). *Soil Salinity and Sodidity as Particular Plant/Crop Stress Factors*. Handbook of Plant Crop Stress. ISBN 0-8247-1948-4. New York, 1198 p.
- Premachandra GS, Saneoka H, Fujita K, Ogata S (1992). Leaf water relations, osmotic adjustment, cell membrane stability, epicuticular wax load and growth as affected by increasing water deficits in sorghum. *Journal of Experimental Botany* 43(12): 1569–1576.
- Singh SK, Sharma HC, Goswami AM, Datta SP, Singh SP (2000). In vitro growth and leaf composition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. *Biologia Plantarum* 43(2): 283-286.
- Smart RE and Bingham GE (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology* 53(2):258-260.
- Sotiropoulos TE (2007). Effect of NaCl and CaCl₂ on growth and contents of minerals, chlorophyll, proline and sugars in the apple rootstock M 4 cultured in vitro. *Biologia Plantarum* 51(1): 177-180
- Srivastava JP, Gupta SC, Lal P, Muralia RN, Kumar A (1988). Effect of salt stress on Physiological and biochemical parameters of wheat. *Annual Arid Zone* 27: 197-204.
- Tuteja N (2007). Chapter twenty-four-mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in enzymology* 428: 419-438.
- Yin R, Bai T, Ma F, Wang X, Li Y, Yue Z (2010) Physiological responses and relative tolerance by Chinese apple rootstocks to NaCl stress. *Scientia Horticulturae* 126(2):247–252.