

Ispanakta tuz stresinin yaprak fizyolojik özelliklerine etkisi*

Murat DEVECİ¹, Bayram TUĞRUL¹

¹Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, TEKİRDAĞ

*Namık Kemal Üniversitesi BAP tarafından NKUBAP.00.24.YL.14.09 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Alınış tarihi: 14 Ekim 2016, Kabul tarihi: 15 Aralık 2016

Sorumlu yazar: Murat DEVECİ, e-posta:muratdeveci@nku.edu.tr

Öz

Tuz stresinin ıspanak yaprak fizyolojisinde oluşturduğu olumsuz etkilerin tespit edilmesi amacıyla bitkiler iklim odasında 22/18°C (gündüz/gece) sıcaklık, %70 nem, 10/14 saatlik (aydınlık/gece) fotoperiyodik düzende, 400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetine sahip kontrollü koşullarda yetiştirilmiştir. Araştırmada materyal olarak Meridien F1 çeşidi ile San Moreno F1 çeşidi, hidroponik yetiştirme sisteminde ise Hoagland besin çözeltisi kullanılmıştır. Tuz uygulamaları bitkilerin 4-5 gerçek yapraklı olduğu dönemde yapılmaya başlanmış hasat dönemine kadar kaplardaki besin çözeltisinin tuzluluğu EC=2, 6, 8 ve 10 dSm^{-1} olacak şekilde NaCl ilave edilerek elde edilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her tekerrürde 2 çeşit (Meridyen F1 ve San Moreno F1) ve 4 tuz konstrasyonu (EC=kontrol, 6, 8 ve 10 dSm^{-1}) uygulanmıştır. Tüm denemede toplam 24 parsel, her parselde 16 bitki ve tüm denemede toplam 384 bitki yetiştirilmiştir. Deneme süresince, yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yapraklarda bulunan toplam klorofil (SPAD değeri) miktarı ve yaprak stoma geçirgenliği ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tuz stresine karşı Meridyen F1 toleranslı, San Moreno F1 çeşidi hassas olarak belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına nazaran artan tuz ilavesine karşı; şafak öncesi ve gün ortası yaprak su potansiyelleri yaprak oransal su içerikleri, yapraklardaki toplam klorofil miktarı ile stoma geçirgenlikleri azalmış,

yaprak hücrelerinde membran zararlanma oranı ise artmıştır.

Anahtar kelimeler: Ispanak, tuz stresi, yaprak su potansiyeli, yaprak oransal su içeriği

The effect of salt stress on spinach leaf physiological characteristics

Abstract

In order to identify the adverse effects of salt stress on physiology of spinach leaves, plants were grown in a climate chamber with 22/18 °C (day/night) temperature, 70% humidity, 10/14 hours (light/night) photoperiod and 400 micromole $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity conditions. In this research Meridian F1 and San Moreno F1 varieties and in hydroponic growing systems Hoagland nutrient solution were used. Salt applications have been started from the period which plants have 4-5 true leaves and continued to harvested time. The salinity of the nutrient solution in the containers has been set up as EC = 2, 6, 8 and 10 dSm^{-1} . Trial coincidence plots were established with 3 replications and at each repetition including 2 varieties (Meridyen F1 and San Moreno F1) and 4 different salt concentration (EC = control, 6, 8 and 10 dSm^{-1}) were applied. A total of 24 experimental plots in all, a total of 384 plants were grown in 16 plants in each plot and the entire trial. During the experiment, leaf water potential (MPa), leaf relative water content (%), membrane infestation in leaf cells (%), total chlorophyll amount contained in the leaves (SPAD

value), and leaf stomata permeability ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) were measured.

According to obtained results, Meridian F1 variety has been identified as tolerant on the contrary San Moreno F1 variety has been identified as sensitive against salt stress. Increased salt concentration has shown that leaf water potentials measured before dawn and midday, leaf relative water content, the total amount of chlorophyll in leaves and stomata permeability are reducing, on the contrary the rate of harm produced in the leaf cell membrane is increasing.

Key words: Spinach, salt stress, leaf water potential, leaf relative water content

Giriş

Doğal kaynakların gün geçtikçe azalması, her alanda olduğu gibi tarımda da yeni arayışları ortaya çıkarmaktadır. Sanayileşme ve kentleşme nedeniyle tarım alanları azalmakta, buna karşın bu alanlardan beslenecek insan sayısı hızlı bir biçimde artmaktadır. Bu nedenle, yürütülen araştırmalar birim alandan elde edilecek verimi maksimuma çıkarmak üzerine yoğunlaşmaktadır (Erdem ve ark., 2010).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye de küresel ısınmanın özellikle su kaynaklarının zayıflaması, kuraklık ve çölleşme ile buna bağlı ekolojik bozulmalarla karşı karşıya olup küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır. Küresel iklim değişikliği, kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak kuraklığın süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu da tetikleyeceği bildirilmektedir (Türkeş, 1994).

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk hem tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte hem de tuzluluk tehdidi altındaki topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011). Yurdumuz topraklarının yaklaşık 1.5 milyon ha (bunun %32.5'i sulanabilir alanlardır) tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Dünya üzerinde ise 800 milyon hektardan fazla karasal alan tuzluluktan etkilenmektedir ve bu alan dünyanın tüm karasal alanlarının %6'sından fazladır. Kuru tarım yapılan 150 milyon ha alanın 32 milyon hektarı çeşitli oranlarda ikincil tuzluluk tehdidi altındadır ve 230 milyon ha sulama yapılmış alanların 45 milyon

hektarı ise tuzdan etkilenmektedir (Yılmaz ve ark., 2011). Ekilebilir alanlardaki böylesi tuz birikiminin, küresel çerçevede daha da harap edici boyutlara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, ürün verimi ve kalitesindeki azalmaya bağlı olarak büyük ekonomik kayıplara da neden olacaktır (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Çevresel faktörler ve fizyolojik etkilerle birlikte meydana gelen tuza tolerans özelliğinin esas kaynağı kalıtsal unsurlardır. Tuza tolerans bakımından bitkiler arasında önemli farklılıklar olduğu kadar, aynı türe ait genotipler arasında da tuza tolerans bakımından farklılıklar bulunduğu bilinmektedir (Kuşvuran, 2010). Tuzluluk, topraktaki Na^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Cl^{-1} , HCO_3^- , SO_4^{-2} ve B iyonlarının konsantrasyonunun bitkilerin gelişimini etkileyecek seviyeye ulaştığında ortaya çıkmaktadır. Tuzluluk problemi olan topraklarda Cl ve SO_4 tuzları dominant olarak bulunmaktadır. Buna karşın doğadaki tuzluluk stresi genelde Na^+ tuzları ile NaCl tarafından oluşturulmaktadır (Shannon, 1984). Ispanak (*Spinacia oleracea*), tuza toleransı yüksek olan bir kültür bitkisidir. Ispanak özellikle toprakta artan değişebilir sodyum yüzdesi bakımından yarı dayanıklı bir bitkidir. Ispanak bitkisinin verimde oluşturacağı azalmaların $1.2-1.8 \text{ dSm}^{-1}$ tuzluluk düzeyinde başlayacağını, $\text{EC}=5.7 \text{ dSm}^{-1}$ düzeyinde ise verimde yaklaşık %50 kadar bir azalmanın beklenmesi gerektiğini belirtmiştir (Ekmekçi ve ark., 2005). Bu araştırma, ıspanak yapraklarında farklı tuz konsantrasyonuna sahip ortamlarda meydana gelen bazı fizyolojik değişiklikleri belirlemeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada; materyal olarak May Tohumculuk firmasına ait Meridien F1 çeşidi ile Syngenta firmasına ait San Moreno F1 çeşidi kullanılmıştır. Araştırma Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölüm Laboratuvarlarında tamamlanmıştır. Bitkiler kontrollü koşullar altında sıcaklığı $+40^\circ\text{C}$ ile -20°C arasında ayarlanabilen iklim odasında, $22/18^\circ\text{C}$ (gündüz /gece) sıcaklık, %70 nem, $10/14$ (aydınlık/gece) saatlik fotoperiyodik düzende, $400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde yetiştirilmişlerdir. İklim odasında masalar üzerinde plastik çok gözlü saksılara tohum ekimi yapılmıştır. Tohumlar torf içerisine ekilerek normal bakım işlemleri yapılmış (Şalk ve ark., 2008) ve ıspanak için en uygun şartlarda bitkiler ilk gerçek

yaprakların görüldüğü döneme kadar çok gözlü saksılarda kalmışlardır. İlk gerçek yaprakların görüldüğü dönemle beraber bitkiler Hoagland besin çözeltisi [(M: 3.0×10^{-3}), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 0.9×10^{-3} , K_2SO_4 ; 1.0×10^{-3} , MgSO_4 ; 0.2×10^{-3} , KH_2PO_4 ; 1.0×10^{-5} , H_3BO_3 ; 1.0×10^{-6} , MnSO_4 ; 1.0×10^{-7} , CuSO_4 ; 1.0×10^{-8} ZnSO_4 ; 1.0×10^{-4} , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$; 1.0×10^{-6} ve Fe-EDTA (10^{-4} M)] (Hoagland ve Arnon, 1950) içeren hidroponik sisteme şaşırtılmışlardır. Bitkiler 800 ml hacminde (13x11 cm ebatlarında) perlit içeren saksılarda yetiştirilmiştir. Tuz uygulamaları bitkilerin 4-5 gerçek yapraklı olduğu dönemde yapılmaya başlanmış hasat dönemine kadar kaplardaki besin çözeltisinin tuzluluğu EC=2, 6, 8 ve 10 dSm^{-1} olacak şekilde NaCl ilave edilmiştir (Kuşvuran ve ark., 2008).

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş her tekerrürde 2 çeşit (Meridyen F1 ve San Moreno F1) ve 4 tuz konsantrasyonu (kontrol, 6, 8 ve 10 dSm^{-1}) uygulanmıştır. Denemede toplam 24 parsel, her parselde 16 bitki ve tüm denemede toplam 384 bitki yer almıştır.

Hasat döneminde ıspanaklarda; yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yapraklarda toplam klorofil miktarı (SPAD) ve yaprak stoma geçirgenliği ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ölçümleri yapılmıştır.

Tuz stresine tolerans denemelerinde, yaprak su potansiyeli (MPa), Scholander basınç odası ile hasat döneminde ölçülmüştür. Ölçümler sulamadan 1 gün önce ışıklandırma başlamadan 2 saat önce şafak öncesi ($\Psi_{\text{şö}}$: Şafak öncesi yaprak su potansiyeli) ve ışıklandırma başladıktan 6 saat sonra gün ortasında (Ψ_{go} : Gün ortası yaprak su potansiyeli) yapılmıştır. Hasat döneminde her parselden tesadüfi seçilmiş 4 bitkinin en gelişmiş yaprağında yapılmıştır (Scholander ve ark., 1965).

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) (%) ölçümleri; farklı bitkilerde çalışan araştırmacıların yaptığı şekilde yapılmıştır (Türkan ve ark., 2005; Öztekin, 2009). Stres sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin belirlenmesi için taze ağırlıkları alınmış, daha sonra alınan yapraklar 4 saat süre ile saf su içerisinde bekletilip; bu süre sonunda turgor ağırlıkları saptanmıştır. Ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 65°C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen taze ve kuru ağırlıklar aşağıdaki formül yardımıyla oranlanarak YOSİ (%) hesaplanmıştır.

$$\text{YOSİ} = (\text{TA-KA})/(\text{TuA-KA}) \times 100$$

TA: Taze Ağırlık, KA: Kuru Ağırlık, TuA: Turgor Ağırlığı

Yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), hücreden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi ile hesaplanmıştır (Dlugokecka ve Kacperska-Palacz, 1978; Fan ve Blake, 1994). Hasat döneminde kontrol ve tuz stresi uygulanmış bitkilerinin yapraklarından 17 mm çapında alınmış diskler de-iyonize su içerisinde 5 saat bekletildikten sonra EC ölçülmüş, aynı diskler 100°C 'de 10 dakika otoklavda bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür. Elde edilen değerden aşağıdaki formül yardımıyla yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%) şeklinde belirlenmiştir.

$$\text{MZİ} = (\text{Lt-Lc}/1\text{-Lc}) \times 100$$

Lt: Tuz stresindeki yaprağın otoklav edilmeden önceki EC/Otoklav edildikten sonraki EC

Lc: Kontrol yaprağının otoklav edilmeden önceki EC/Otoklav edildikten sonraki EC

Klorofil tayini (SPAD değeri) için, hasat döneminde her parselden tesadüfi seçilmiş 4 bitkinin yapraklarında, yaprağın ana damara yakın iki bölgesi "Konica Minolta SPAD-502" portatif klorofilmetre ile ölçülmüştür (Gerevandi ve ark., 2011).

Yaprak stoma geçirgenliğinin ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) belirlenmesinde, hasat döneminde her parselde tesadüfi seçilmiş 4 bitkinin yapraklarında stomalarından gaz geçişi 11-14 saatleri arasında Decagon marka SC-1 model taşınabilir porometre kullanılarak kaydedilmiştir (Pask ve ark., 2012).

Denemeden elde edilen verilerin istatistiki analizleri MSTAT versiyon 3.00/EM paket programı kullanımıyla yapılmıştır. Önemli bulunan farklılıklar için LSD kontrol yöntemiyle farklılığı oluşturan gruplar tespit edilmiştir (Akdemir ve ark., 1994).

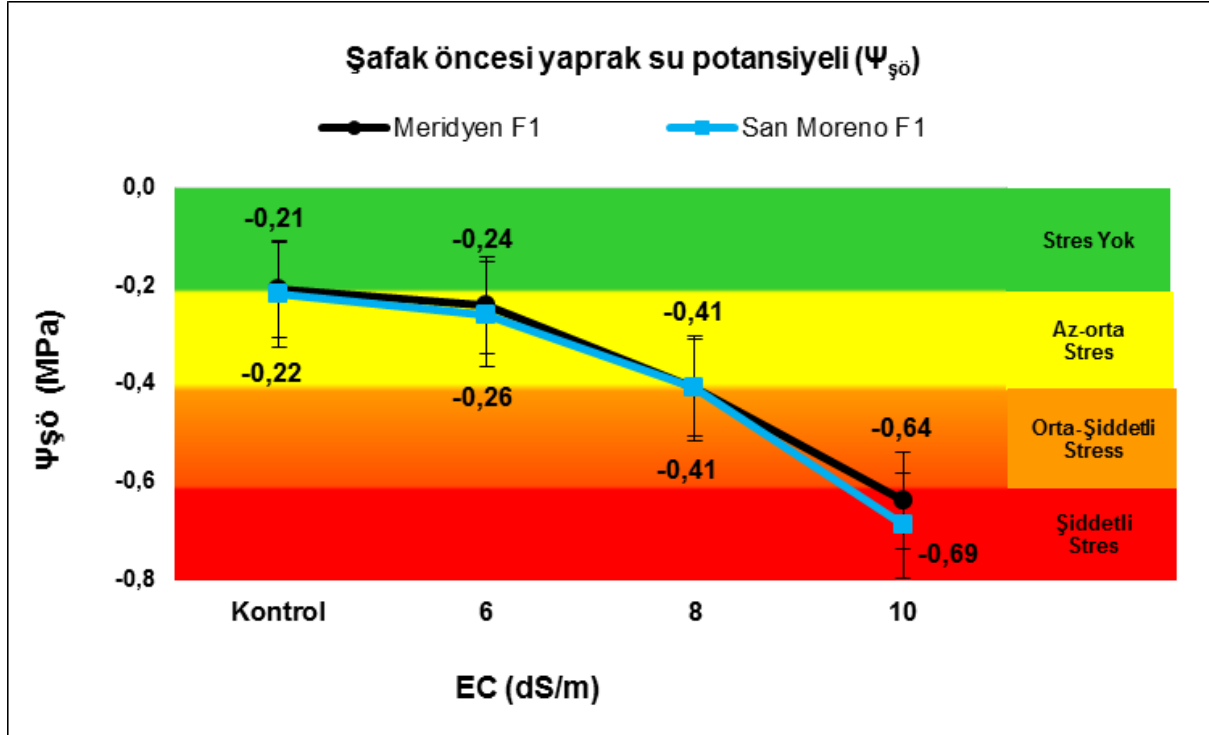
Bulgular ve Tartışma

Meridyen F1 ve San Moreno F1 çeşitlerinde farklı tuz uygulamalarının şafak öncesi ($\Psi_{\text{şö}}$) ve gün ortası (Ψ_{go}) yaprak su potansiyeli (Ψ_{yaprak}) ortalamaları üzerine etkileri Çizelge 1 ve 2 ile Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. Yapılan araştırmada, ele alınan çeşit ve tuz uygulaması ana etkilerinin şafak öncesi ($\Psi_{\text{şö}}$) ve gün ortası (Ψ_{go}) yaprak su potansiyelleri üzerine istatistiki olarak LSD %1'e göre önemli olduğu, çeşit x tuz uygulaması interaksyonunun ise istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 1 ve 2).

Çizelge 1. Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı ıspanak çeşitlerinde şafak öncesi yaprak su potansiyeli ($\Psi_{şö}$) üzerine etkileri (MPa) ve LSD testine göre gruplar

Çeşitler	EC (birim)				Çeşit Ana Etkisi
	Kontrol	6	8	10	
Meridyen F ₁	-0.21	-0.24	-0.41	-0.64	-0.38 a
San Moreno F ₁	-0.22	-0.26	-0.41	-0.69	-0.40 b
Tuz Uygulaması Ana Etkisi	-0.22 a	-0.25 b	-0.41 c	-0.67 d	

*LSD_{0,01} Tuz Uyg. Ana Etkisi: 1,686



Şekil 1. Bazı ıspanak çeşitlerine uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının şafak öncesi yaprak su potansiyeli ($\Psi_{şö}$) üzerine değişimleri.

Şekil 1 ve 2'de renklendirilmiş arka fon genel bitki fizyolojisine ve birçok araştırıcının farklı türlerde yaptığı çalışmalarda tespit ettiği skala değerlerine göre renklendirilmiştir (Taiz ve Zeiger, 2008; Smith ve Prichard, 2002; Deloire ve ark., 2004; Carbonneau ve ark., 2007; Bahar ve ark., 2011; Deveci ve Uyan, 2011; Deveci ve Pıtır, 2016; Deveci ve Bora, 2016). Araştırmada farklı ıspanak çeşitlerine farklı tuz uygulamalarına ait şafak öncesi yaprak su potansiyeli ($\Psi_{şö}$) ölçümleri hasat döneminde yapılmış ve $\Psi_{şö}$ değerlerinin -0.21 MPa ile -0.69 MPa arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada ele alınan 2 ıspanak çeşidinin ana etkileri yönünden Meridyen F₁ çeşidinin daha yüksek yaprak su potansiyeline sahip olduğu (-0.38 MPa), San Moreno F₁ çeşidinin yaprak su potansiyelinin ise

daha düşük (-0.40 MPa) olduğu belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, 3-4 yapraklı dönemden itibaren başlanan ve hasat dönemine kadar sürdürülen tuz uygulamalarında şafak öncesi yaprak su potansiyellerinin ($\Psi_{şö}$) giderek azalma eğilimi gösterdiği ve stres seviyesinin arttığı saptanmıştır. Buna göre kontrol grubundan, en yüksek tuz uygulaması olan EC:10 dSm⁻¹ tuz uygulamasına doğru gidildikçe Şekil 1'deki skala değerlerine göre bitkilerin az orta şiddetten, şiddetli strese girdikleri görülmüştür. Şekil 1'de sunulan çeşit x tuz interaksyonunda; her iki çeşidin de kontrol uygulamaları skalaya göre az-orta stres seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamasının artmasına paralel olarak EC:6 dSm⁻¹ ve EC: 8 dSm⁻¹ uygulamalarında çeşitlerin az-orta stres bölgesinde

olduğunu ancak en yüksek tuz uygulaması olan EC:10 dSm⁻¹ uygulamasında çeşitlerin şiddetli stres seviyelerinde olduğu anlaşılmıştır. Tuz ve kuraklık stresi ile çalışan bazı araştırmacılar da araştırma sonuçlarını destekler şekilde su alımında meydana gelen azalmalar neticesinde yaprak su potansiyelinin azaldığını ve kuraklık stresinin ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Buna göre alınabilen su miktarı azaldıkça en düşük yaprak su potansiyeli elde edilirken alınabilir su miktarının artmasıyla yaprak su potansiyeli ortalamalarının arttığı görülmüştür (Ashraf ve Iram, 2005; Dichio ve Montanaro, 2005; Maya ve Kanber, 2008; Karipçin, 2009; Köksal ve ark., 2010; Arslan, 2011; Devenci ve Uyan, 2011; Kaya, 2011; Küçükkömürçü, 2011; Süyüm, 2011; Yandım, 2013; Kiran ve ark., 2014).

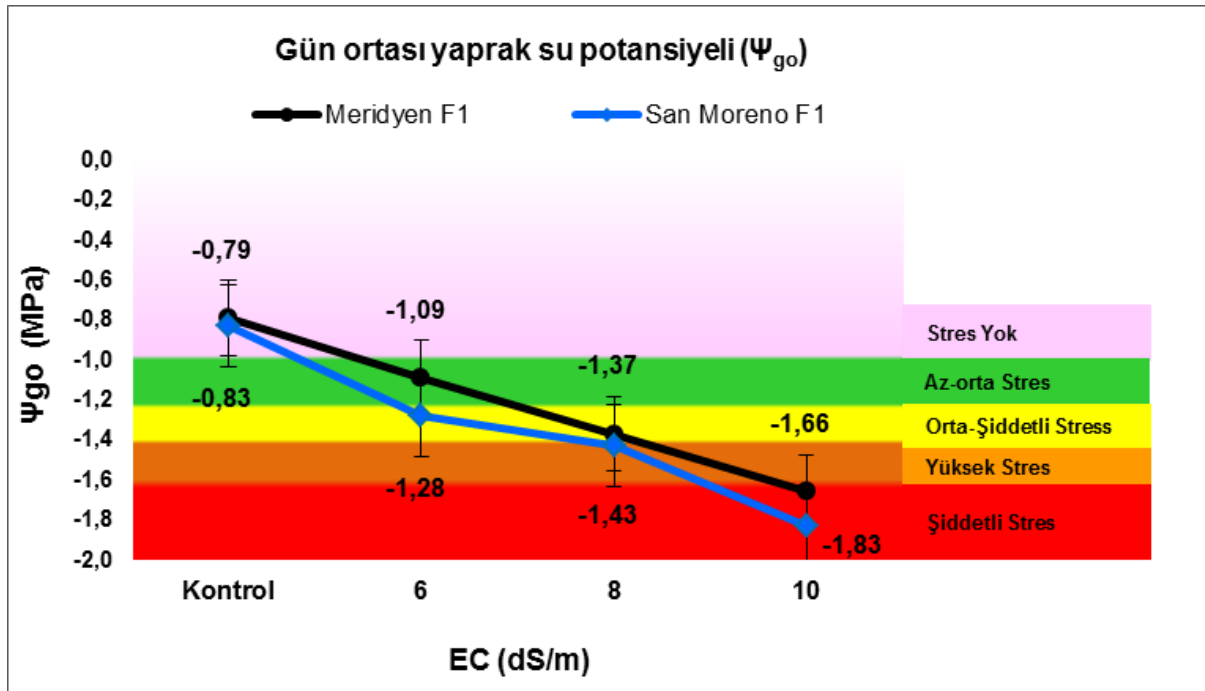
Gün ortası yaprak su potansiyeli (Ψ_{go}) ölçümleri Çizelge 2 ve Şekil 2’de verilmiştir. Şafak öncesi yaprak su potansiyelinde olduğu gibi gün ortası

yaprak su potansiyelinde de Meridyen F1 çeşidinin (Ψ_{go} : -1.23 MPa), San moreno F1 çeşidine göre (Ψ_{go} : -1.35 MPa) daha yüksek yaprak su potansiyeline sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). Çeşit etkisi göz ardı edilerek sadece tuz uygulamalarının Ψ_{go} üzerine etkileri açısından; artan tuz miktarına karşılık gün ortası yaprak su potansiyellerinin (Ψ_{go}) giderek azalma eğilimi gösterdiği ve stres seviyesinin buna bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Dönem x tuz interaksiyonuna ait Çizelge 2’deki sonuçlar Şekil 2 üzerindeki skala üzerindeki stres seviyelerine göre incelendiğinde; kontrol uygulaması olan NaCl tuzu eklenmemiş uygulamalarında farklı araştırmacıların Ψ_{go} ’ni -1 MPa kadar olan seviyeleri stressiz bölge olarak kabul etmelerinden dolayı her iki çeşidin de ortalamalarının (-0.79 ve -0.83 MPa) skalada stres olamayan alanda kaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı ıspanak çeşitlerinde gün ortası yaprak su potansiyeli (Ψ_{go}) üzerine etkileri (MPa) ve LSD testine göre gruplar

Çeşitler	E.C				Çeşit Ana Etkisi
	Kontrol	6	8	10	
Meridyen F ₁	-0.79	-1.09	-1.37	-1.66	-1.23 a
San Moreno F ₁	-0.83	-1.28	-1.43	-1.83	-1.35 b
Tuz Uygulaması Ana Etkisi	-0.81 a	-1.19 b	-1.40 b	-1.75 d	

*LSD_{0,01} Tuz Uyg. Ana Etkisi: 0,119



Şekil 2. Bazı ıspanak çeşitlerine uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının gün ortası yaprak su potansiyeli (Ψ_{go}) üzerine değişimleri.

Tuz konsantrasyonlarının artmasıyla 2 çeşidin Ψ_{go} değerleri farklılık göstermiştir. San Moreno çeşidi EC:6 dSm⁻¹ uygulamasında skalaya göre orta streste, EC: 8 dSm⁻¹ uygulamasında şiddetli stres seviyesinde kalmıştır. Meridyen F1 çeşidi aynı uygulamalarda sırasıyla az-orta (EC 6 dSm⁻¹ de, Ψ_{go} : -1.09 MPa) ve orta-şiddetli stres seviyelerinde (EC 8 dSm⁻¹ de, Ψ_{go} : -1.43 MPa) kalmıştır. Denemede en yüksek tuz konsantrasyonu olan EC:10 dSm⁻¹ uygulamasında her iki çeşidin de şiddetli stres seviyesi saptanmıştır. Dolayısıyla San Moreno F1 çeşidinin Meridyen F1'e göre Ψ_{go} 'nin daha düşük olduğu, bitkilerin daha yüksek oranda strese girdiği anlaşılmıştır.

Araştırmada ele alınan yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ortalamalarının dağılımı Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre çeşit ve tuz uygulamalarının istatistiki olarak %1'e göre önemli olduğu, çeşit x tuz interaksyonunun önemli olmadığı belirlenmiştir.

Sonuçlara göre YOSİ ortalamaları %51.86 ile %91.88 arasında değişim göstermiştir. Tuz uygulamaları göz ardı edilerek çeşitlerin YOSİ üzerindeki değişimlerine bakıldığında Meridyen F1 çeşidinin (%74.41) San Moreno F1 çeşidinden (%70.28) daha yüksek YOSİ'ye sahip olduğu tespit edilmiştir. Farklı tuz uygulamalarının YOSİ etkisi açısından Çizelge 3 incelendiğinde kontrol uygulamasına ilaveten artan tuz miktarına karşılık YOSİ'nin azaldığı tespit edilmiştir. Yakıt ve Tuna (2006) mısırdaki, Kuşvuran (2010) kavunlarda, Bayat ve ark. (2012) kabakta, Bora (2015) biberde yaptıkları çalışmalarında tuz stresi koşullarında yaprak su içeriğinin düştüğünü buna karşılık tuz uygulanmamış kontrol bitkilerinde en yüksek değerlere ulaştığını ifade edilmiştir. Araştırmacıların sonuçları çalışmamızda elde edilen bulguları destekler şekildedir.

Çizelge 3. Farklı ıspanak çeşitlerine uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının bazı fizyolojik kriterler üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Fizyolojik Kriterler	Tuz Uygulama Dönemleri	E.C (dSm ⁻¹)				Çeşit Ana Etkisi
		Kontrol	6	8	10	
YOSİ (%)	Meridyen F ₁	91.88	76.38	67.75	61.65	74.41 a
	San Moreno F ₁	88.56	75.11	65.60	51.86	70.28 b
	Tuz Uygulamaları Ana Etkisi	90.22 a	75.74 b	66.68 c	56.76 d	
*LSD _{0.01} Tuz Uyg. Ana Etkisi: 5.237						
Membran Zararlanma İndeksi (%)	Meridyen F ₁	8.79 e	24.47 c	28.65 bc	50.44a	28.08 b
	San Moreno F ₁	11.17 d	26.84 c	31.64 abc	64.87 ab	33.63 a
	Tuz Uygulamaları Ana Etkisi	10.02 c	25.65 b	30.15 b	57.65 a	
* LSD _{0.01} Tuz Uyg. Ana Etkisi: 5.103 * LSD _{0.01} Çeşit X tuz intr: 7.214						
Toplam Klorofil Miktarı (SPAD)	Meridyen F ₁	92.37	71.70	55.57	33.93	63.39 a
	San Moreno F ₁	83.77	63.00	43.13	16.00	51.48 b
	Tuz Uygulamaları Ana Etkisi	88.07 a	67.35 b	49.35 c	24.97 d	
*LSD _{0.01} Tuz Uyg. Ana Etkisi: 8.248						
Yaprak Stoma İletkenliği (µmol m ⁻² s ⁻¹)	Meridyen F ₁	317.50	208.27	144.57	87.17	189.38 a
	San Moreno F ₁	238.03	174.33	119.83	46.40	144.65 b
	Tuz Uygulamaları Ana Etkisi	277.77 a	191.30 b	132.20 c	66.78 d	
*LSD _{0.01} Tuz Uyg. Ana Etkisi: 28.369						

İki farklı ıspanak çeşidinin tuz stresi altında yaprak hücre membranlarında meydana gelen zararın belirlendiği bu kriterde ele alınan faktörler ve bunlara ait interaksyonun istatistiki açıdan %1 hata

düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Çeşit ana etkisi bakımından San Moreno F1 çeşidinin (%33.63), Meridyen F1 çeşidine göre (%28.08) yaprak hücrelerinde membran zararlanması daha

yüksek bulunmuştur. Tuz ana etkisinin membran zararlanmasındaki değişiminde ise kontrol uygulamasında en düşük membran zararlanması meydana gelirken, tuz miktarının artması ile 10 dSm^{-1} lik tuz uygulamasında en yüksek membran zararlanması belirlenmiştir. Yani kısaca çeşitlerden Meridyen F1 (%28.08)'de, tuz uygulamalarında kontrol grubunda (%10.02) ve interaksiyon açısından Meridyen F1 x kontrol interaksiyonunda (%8.79) en düşük membran zararlanmasının meydana geldiği belirlenmiştir. Arslan (2011) doku membran geçirgenliğini, bitkilerde stres altında zar (membran) bütünlüğünü koruyabilme kabiliyetlerinin bir ifadesi olarak belirtmiştir. Strese maruz kalan bitkilerin hücre zarlarında meydana gelen hasar sonucu hücre içindeki suda erimiş maddelerin hücreler arası boşluklara aktığını ve bunun da doku elektiriki iletkenlik değerini yükselttiğini, kısacası, doku elektiriki iletkenlik değerleri ile membran bütünlüğü arasında ters orantı olduğunu açıklamıştır. Araştırmacının bulguları ispanakta elde edilen sonuçların sebebinin açıklamada destekler niteliktedir. Yaprak hücrelerinde membran zararlanmasının önemli nedenlerinden biri ise; kök bölgesinde özellikle Na^+ , Cl^- ya da SO_4^{2-} gibi iyonların zararlı konsantrasyonlarda birikmesi sonucunda spesifik iyon toksisitesi sorunu ortaya çıkar. Na^+ konsantrasyonu yüksek olduğunda, kök hücrelerinin plazma zarında Ca^{+2} 'un yerini alabilir. Bunun sonucunda plazma zarının geçirgenliği değişir ve K^+ hücreler dışarı sızar (Taiz ve Zeiger, 2008).

Çalışmada ele alınan Meridyen ve San Moreno hibrit çeşitlerine iklim odasında kontrollü koşullar altında uygulanan farklı NaCl konsantrasyonları sonucunda yapraklarda bulunan toplam klorofil değerleri Çizelge 3'te görüldüğü gibidir. Ortalamaların değerlendirilmesi sonucunda toplam klorofil miktarı yönünden ele alınan iki faktörün istatistiksel olarak (% 1) hata sınırları içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Çeşit ve tuz konsantrasyonuna ait ortalamaların istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Çeşitlerin toplam klorofil üzerine etkisini incelediğimizde Meridyen F1 çeşidinin toplam klorofil içeriğinin (63.39), San Moreno F1 çeşidinden (51.48) daha yüksek olduğu görülmektedir. Tuz uygulamaları yönünden kontrol uygulamasında toplam klorofil en yüksek değere ulaşırken (88.07), besin solüsyonundaki tuzluluğun artışına paralel olarak toplam klorofil içeriğinde düşmeler görülmüş 10 dSm^{-1} uygulamasında en

düşük total klorofil ortalaması elde edilmiştir. Ispanak yapraklarında toplam klorofil miktarında meydana gelen bu azalışın Yaşar (2003) tarafından belirttiği gibi yüksek tuz konsantrasyonları sonucunda iyon birikimi ve stomaların kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle toplam klorofil miktarında azalmalar meydana gelmiştir. Tohma (2007), yaptığı çalışmada tuz konsantrasyonlarının yükselmesinin toplam klorofil miktarının azalmasına sebep olduğunu, sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak artan tuzluluğun, klorofil kaybına neden olduğunu, Yakıt ve Tuna (2006), klorofil içeriğinin, tuz stresi altındaki bitkilerde olumsuz etkilendiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalar çalışmayı destekler niteliktedir. şeklindeki açıklamaları ile sonuçlarımızı desteklemektedirler.

Farklı tuz uygulamalarının yapıldığı Meridyen F1 ve San Moreno F1 ispanak çeşitlerinin yapraklarında stoma iletkenliklerinde meydana gelen değişimler Çizelge 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre çeşit ve tuz uygulama ana etkilerinin istatistiki olarak önemli (%1 hata sınırları içinde), fakat bu faktörlerin interaksiyonunun ise önemli olmadığı belirlenmiştir. İstatistiki açıdan çeşit ana etkisinin stoma iletkenliği incelendiğinde Meridyen F1 çeşidinin stoma geçirgenliğinin ($189.38 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) San Moreno F1 çeşidinden daha yüksek olduğu ($144.65 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) tespit edilmiştir. Tuz uygulaması ana etkisinde ise en yüksek stoma geçirgenliğinin ekstra tuz uygulamasının yapılmadığı kontrol grubu bitkilerinden alınmıştır ($277.77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Bu ortalamalar tuz artışına paralel 6 ve 8 dSm^{-1} uygulamalarında giderek azalmış ve 10 dSm^{-1} NaCl uygulamasının yapıldığı parsellerdeki bitkilerden en düşük stoma geçirgenliği alınmıştır ($66.78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Stomalar, bitkilerin içsel hava boşlukları ile dışsal atmosfer arasında bağlantı kurma görevi olan bir bitki organelleridir. Tuz stresi altında oluşan su stresi nedeniyle stomalarının kapanması halinde bitki su kaybını önlerken bir taraftan da fotosentez için gerekli CO_2 'in alınmaması durumu oluşturmaktadır. Çalışmada yapay olarak uygulanan tuz stresi sonucu bitki kök bölgesinde su potansiyelinin yükselmesi sonucunda fizyolojik kuraklık oluşmaktadır. Tuza tolerant bitkiler bu durumlara adapte olabilmiş ve stoma geçirgenliklerinde önemli azalışlar olmamıştır. Çalışmamızda San Moreno F1 çeşidinin kontrollü ortamda Meridyen F1 çeşidine göre stoma geçirgenliğini kısıtlamasından dolayı su stresine karşı daha hassas olduğu anlaşılmaktadır. Araştırmada elde ettiğimiz bu bulgulara benzer

şekilde Cruz de Carvalho ve ark. (1998), kuraklık stresi altında türlerin tepkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, Asraf ve ark. (2002), Kaya (2011), Küçükömür (2011) ile Süyüm (2011), kısıtlı sulama ve tuz stresi sonucu meydana gelen kuraklık

stresi sonucunda, stoma geçirgenliklerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Sonuç

İspanakta tuz stresinin yaprak fizyolojik özelliklerine etkisini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 4’de özetlenmiştir:

Çizelge 4. Farklı çeşitlerde uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının ıspanak bitkisinin yapraklarında denemede ele alınan fizyolojik tüm kriterlerinin değişimleri

	Çeşitler		Kontrol	EC (dSm ⁻¹)		
	Meridyen F ₁	San Moreno F ₁		6	8	10
Şafak Öncesi Yaprak Su Potansiyeli (MPa)	-0.38	-0.40	-0.22	-0.25	-0.41	-0.67
Gün Ortası Yaprak Su Potansiyeli (MPa)	-1.23	-1.35	-0.81	-1.19	-1.40	-1.75
Yaprak Oransal Su İçeriği (%)	74.41	70.41	90.22	75.44	66.68	56.76
Membran Zararlanması (%)	28.68	33.63	10.02	25.65	30.15	57.65
Toplam Klorofil (SPAD)	63.39	51.48	88.07	67.35	49.35	24.97
Stoma Geçirgenliği (mmol m ⁻² s ⁻¹)	189.38	144.65	277.77	191.30	132.20	66.78

Denemede ele alınan farklı çeşitlerden Meridyen F1 çeşidinin şafak öncesi ve gün ortası yaprak su potansiyelleri San Moreno F1’e göre daha yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde Meridyen F1 çeşidi diğer fizyolojik kriterlerimizde de daha yüksek ortalamalara sahiptir. Bu çeşidin yaprak oransal su içeriği, yapraklarındaki toplam klorofil miktarı ile yaprakta bulunan stoma geçirgenlikleri daha yüksek bulunurken yapraklarda tuz stresi sonunda membran zararlanması daha düşük bulunmuştur. Yani tuz stresine karşı Meridyen F1 toleranslı, San Moreno F1 çeşidi hassas olarak belirlenmiştir.

Besin çözeltilerine 6, 8 ve 10 dSm⁻¹ lik NaCl ilave edilmesiyle oluşturulan yapay tuz stresinde ise bitkiler kontrol uygulamasına nazaran artan tuz ilavesine karşı; şafak öncesi ve gün ortası yaprak su potansiyelleri yaprak oransal su içerikleri, yapraklardaki toplam klorofil miktarı ile stoma geçirgenlikleri azalmış, yaprak hücrelerinde membran zararlanma oranı ise giderek artmıştır.

Denemde araştırılan her iki çeşidin EC: 6 dSm⁻¹ lik tuz uygulamasına kadar rahatlıkla dayanabildiğini ancak EC: 8 dSm⁻¹ lik tuz uygulamasında her iki çeşidin de gün ortası yaprak su potansiyeline göre yüksek stres bölgesine girerek yapraklarda sararma

ve klorozlar meydana geldiği EC: 10 dSm⁻¹’nin ekonomik anlamda ıspanak yetiştiriciliği için uygun olmadığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Akdemir, B., Kayışoğlu, B., Kavdır, İ., 1994. MSTAT İstatistik paket programı kullanımı. Trakya Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:203, Yardımcı Ders Kitabı No:7, Tekirdağ.
- Arslan, A., 2011. Biberde 24-Epibrassinolid Uygulamaları ile kuraklık stresine karşı toleransın artırılması. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 105 s, Kahramanmaraş.
- Ashraf, M., Arfan, M., Shahbaz, M., Ahmad, A., Jamil, A., 2002. Gas exchange characteristics and water relations in some elite okra cultivars under water deficit. *Photosynthetica*, 40(4): 615-620.
- Ashraf, M., Iram, A., 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Flora*, 200: 535-546.
- Bahar, E., Carbonneau, A., Korkutal, I., 2011. The effect of extreme water stress on leaf drying limits and possibilities of recovering in three grapevine (*Vitis*

- vinifera* L.) cultivars. African Journal of Agricultural Research. 6(5): 1151-1160.
- Bayat, R., Kuşvuran, Ş., Üstün, A. S., Ellialtıoğlu, Ş., 2012. Tuza tolerans özelliği farklı iki kabak genotipine ait fidelere yapılan dışsal profilin uygulamalarının etkileri üzerinde araştırmalar. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 12-14.
- Bora, M., 2015. Değişik vejetasyon dönemlerine kadar uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının biberde meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Tekirdağ.
- Carbonneau, A., Deloire, A., Jaillard, B., 2007. La Vigne. Physiologie, Terroir, Culture. Dunod, Paris, ISBN: 9782100499984.
- Cruz De Carvalho, M.H., Laffray, D., Louguet, P., 1998. Comparison of physiological responses of *Phaseolous vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. Environmental and Experimental Botany. 40: 197-207.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., Ojeda, H., 2004. Vine and water, a short review. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. 38(1): 1-13.
- Deveci, M., Uyan, B., 2011. Değişik vejetasyon dönemlerinde farklı su kısıtlarının ıspanakta meydana getirdiği bazı fizyolojik ve morfolojik değişikliklerin belirlenmesi. Türkiye VI. Bahçe Bitkileri Kongresi, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, şanlıurfa.
- Deveci, M., Bora, M., 2016. Biberin farklı vejetasyon dönemlerinde tuz stresinin meydana getirdiği morfolojik değişikliklerin belirlenmesi. Bahçe, 45: 180-185.
- Deveci, M., Pitir, M., 2016. Effect of water deficiency on physiological and chemical properties of pepper grown in greenhouse. Applied Ecology And Environmental Research 14(3): 587-596.
- Dichio, B., Montanaro, G., 2005. How to improve nutrition efficiency on *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) CF Liang et AR Ferguson. Informatore Agrario (Italy).
- Dlugokecka, E., Kacperska-Palacz, A., 1978. Re-Examination of Electrical Conductivity Method for Estimation of Drought Injury. Biologia Plantarum (Prague), 20: 262-267.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, OMÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (3): 118-125.
- Erdem, T., Arın, L., Erdem, Y., Polat, S., Deveci, M., Okursoy, H., Gültaş, H.T., 2010. Yield and quality response of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) under different irrigation regimes, nitrogen applications and cultivation periods, Agricultural Water Management, 97 (5): 681-688 pp.
- Fan, S., Blake, T., 1994. Abscisic acid induced electrolyte leakage in woody species with contrasting ecological requirements. Physiologia Plantarum, 90: 414-419.
- Geravandi, M., Farshadfar, E., Kahrizi, D., 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. Russian Journal of Plant Physiology, 58 (1): 69-75.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California Agricultural Experiment Station, 347 (2nd edit).
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizmaları, G.Ü., Fen Bilimleri Dergisi, 18 (4): 723-740.
- Karipçin, M.Z., 2009. Yerli ve yabancı karpuz genotiplerinde kuraklığa toleransın belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- Kaya, E., 2011. Erken bitki gelişme aşamasında kuraklık ve tuzluluk streslerine tolerans bakımından fasulye Genotiplerinin taranması. Yüksek Lisans Tezi, 213 sayfa, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2014. Tuz stresine tolerans seviyesi farklı domates genotiplerinin kuraklık stresi koşullarında bazı özelliklerinde meydana gelen değişimler. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31 (3): 41-48.
- Köksal, E.S., Üstün, H., İlbeyi, A., 2010. Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (1):25-36.
- Kuşvuran, Ş., Yaşar, F., Abak, K., Ellialtıoğlu, Ş., 2008. Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı Cucumis sp'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 18(1):14.

- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Küçükkömürcü, S., 2011. Tuzluluk ve kuraklık streslerine tolerans bakımından bamya genotiplerinin taranması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 177 s., Adana.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview, Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
- Maya, F., Kanber, R., 2008. Farklı su ve gübre sistemlerinde pamuk bitkisinde yaprak su potansiyelinin değişimi. Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 19(2): 22-34, Adana
- Öztekin, G.E., 2009. Aşılı domates bitkilerinde tuz stresine karşı anaçların etkisi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi 342 s, İzmir.
- Pietragalla, J., Pask, A., 2012. Stomatal conductance, physiological canopy temperature, stomatal conductance and water relati on traits. Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping, 16-18.
- Scholander, P.F., Yamel, H.T., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., 1965. Sap Pessure in Vascular Plants. Science, 148:339-346.
- Smith, R., Prichard, T., 2002. UC Cooperative Extension August <http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/2161/41093.pdf>.
- Süyüm, K., 2011. Karpuz genetik kaynaklarının tuzluluk ve kuraklığa tolerans seviyelerinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 145 s, Adana.
- Şalk, A., Arin, L., Deveci, M., Polat, S., 2008. Özel Sebzeçilik, Onur Grafik, Matbaa ve Reklam, İstanbul.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2008. Bitki Fizyolojisi üçüncü baskıdan çeviri (Çeviri Editörü: Prof. Dr. İsmail Türkan), Palme Yayıncılık, Ankara.
- Tohma, Ö., 2007. Çilekte salisilik asit uygulamasının tuz stresine dayanıklılık üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 61s, Erzurum.
- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediates water stres. Plant Science, 168: 223-231.
- Türkeş, M., 1994. Artan sera etkisinin Türkiye üzerindeki etkileri, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 321: 71.
- Yakit, S., Tuna, A.L., 2006. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) Stres Parametreleri Üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1): 59-67.
- Yandım, G., 2013. Bazı sentetik siklitol türevlerinin kuraklık stresine maruz bırakılan cicer (nohut) fideleri üzerindeki fizyolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, 94 sayfa, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji anabilim Dalı, Mersin.
- Yaşar, F., 2003. Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak incelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri, Doktora Tezi 139 s, Van.
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., (2011). Bitkilerin tuz stresine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7: 47-66.