

Bazı Patlıcan Anaçlarının Tuzluluk Stresi Koşullarındaki Gelişmelerinin Karşılaştırılması

Sevinç KIRAN¹
Kenan SÖNMEZ⁴

Şebnem KUŞVURAN²
Hakkı ÖZBEK³

Fatma ÖZKAY¹
Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU³

¹ Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Kızılırmak Meslek Yüksekokulu, Çankırı

³ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara

⁴ Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Eskişehir

*Sorumlu Yazar

Email: sevinckiran@tgae.gov.tr

Geliş Tarihi: Şubat 03, 2015

Kabul Tarihi: Mart 21, 2015

Özet

Bu çalışmada, ticari patlıcan anaçlarından bazılarının tuz stresine karşı göstermiş olduğu tepkiler incelenmiştir. AGR-703, Vista-306, Köksal F₁ ve Yula F₁ anaçlarına ait tohumlar 2:1 oranında torf:perlit karışımı içeren vıyollere ekilmiş, 2-3 gerçek yapraklı fideler besin çözeltilisi içeren hidroponik sisteme alınmışlardır. Bitkiler 4-5 gerçek yapraklı aşamaya ulaştığında 100 mM NaCl uygulaması gerçekleştirilmiştir. Stres sonunda oluşan etkilerin ortaya konulabilmesi amacı ile bitkilerde 0-5 görsel skala değerlendirmesi, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, kök-gövde uzunluğu, yaprak alanı, yeşil aksamda ve kökte Na, K, Ca ve Cl iyonlarının ve klorofilin miktarı, lipid peroksidasyonu düzeyi ve antioksidatif enzim aktiviteleri bakımından değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda Türkiye’de patlıcan anacı olarak kullanılan bazı ticari çeşitlerin tuz stresi karşısında farklı tepkiler gösterdiği belirlenmiştir. Köksal F₁ çeşidi, tuz stresine oldukça iyi düzeyde dayanım göstermiş, AGR-703 ve Yula F₁ bu çeşitleri izlemiştir.

Anahtar Kelimeler: NaCl, *Solanum melongena* L., iyon, MDA, antioksidatif enzimler

Comparison of Development of Some Eggplant Rootstock in the Salinity Stress Conditions

Abstract

In this study, it was performed in order to determine the differences of commercial eggplant- rootstocks for salt stress. Seeds of AGR-703, Vista-306, Köksal F₁ and Yula F₁ were germinated in a mixture of peat:perlite of 2:1 ratio. 2-3 true leaf stages were grown in hydroponic culture. The 4-5 true leaf stages of eggplant seedlings were subjected to 100 mM NaCl. At the end of the study, eggplant seedlings were classified according to the severity of leaf damage symptoms by using a 0-5 symptoms scores. Fresh and dry shoot weight, fresh and dry root weight, leaf number, leaf area, shoot and root length; Na, K, Ca and Cl amounts of the shoot and root tissues; chlorophyll and MDA contents; SOD, CAT, APX and GR activities in the leaves were also determined. In conclusion, the eggplant rootstocks showed large variation in their response to salt tolerance. These results possibly suggest that Köksal F₁ exhibit a better protection mechanism against oxidative damage by maintaining a higher inherited and induced activity of antioxidant enzymes than the plants of AGR-703 and Yula F₁.

Key Words: NaCl, *Solanum melongena* L., ion, MDA, antioxidant enzymes

GİRİŞ

Abiyotik stres faktörleri olarak bilinen olumsuz çevre koşullarının oluşturduğu sınırlandırıcı faktörlerin başında tuzluluk gelmektedir. Tuz stresi; değişik tuzların toprak ya da suda bitkinin büyümesini engelleyebilecek konsantrasyonlarda bulunması olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak tuz zararı; daha küçük yapı, yaprak sayısında ve alanında azalmaya bağlı olarak ortaya çıkan büyümede yavaşlama şeklinde etkisini göstermektedir. Bunun yanı sıra, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalma, meyve tat ve kalitesinde bozulma ve buna bağlı olarak verimde düşüş tuz stresinin ortaya çıkardığı etkiler arasında yer almaktadır [1]. Özellikle ekonomik öneme sahip bitkilerin çoğunun tuzluluğa karşı duyarlı olması, tuz stresine karşı dayanımı artıracak kültürel uygulamaların ve uygun toleransı yüksek çeşitlerin kullanımını gerekli kılmaktadır. Bitkilerin tuza karşı gösterdiği tepkiler; bitkinin içinde bulunduğu gelişme dönemine, stres faktörü olan tuzun konsantrasyonuna,

tuzun bitkiye etki ettiği süreye göre değişebilmekte; ayrıca iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak da farklılık gösterebilmektedir. Çevresel faktörler ve fizyolojik etkilerin eşlik ettiği tuza tolerans özelliğinin esas kaynağı kalıtsal unsurlardır. Tuza tolerans bakımından bitkiler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Aile, cins ve türler arasında farklılıklar bulunduğu gibi, aynı türe ait genotipler arasında da tuza tolerans yönünden farklılıklar bulunduğu bilinmektedir [2].

Tuzluluğa karşı kullanılan yöntemlerin genel olarak pahalı ve zaman alıcı olması nedeniyle çeşit geliştirme veya dayanıklı anaç kullanımı yönünde çalışmalar ağırlık kazanmaktadır. Aşılama yöntemi, sebze fidelerinde anaçların sahip olduğu üstün dayanıklılık özelliklerinden faydalanılarak tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerine karşı dayanımın artırılması amacıyla kullanılma potansiyeline sahiptir. Ancak sebze anaçlarının abiyotik streslere karşı dayanım durumları ve bu amaçla kullanımları konusundaki çalışmalar oldukça az sayıdadır. Bu çalışmada, 2013 verilerine göre yıllık 826 941 ton üretim miktarına sahip

olduğumuz patlıcan yetiştiriciliğinde [3] yaygın olarak kullanılan bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk karşısında göstermiş oldukları dayanım durumları incelenmiştir. Toleransı yüksek olan anaçların belirlenmesi sayesinde tuzlu topraklarda veya su kalitesinin uygun olmadığı alanlarda üreticiye tavsiye edilecek anaçlık çeşitlerin kullanımı mümkün olabilecektir.

Çok sayıdaki agronomik özellikleri incelenen ikiden fazla sayıdaki genetik materyal, birbiriyle karşılaştırılarak bunların aralarından ıslahçı veya yetiştirici tarafından istenen karakterler bakımından öne çıkanların belirlenmesi, çalışmalarda önemli bir aşamadır. Bunun için, tercih edilen özelliklere sahip hatların öne çıkabilmesi amacıyla tartılı derecelendirme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde öncelikle seçim kriterleri tanımlanmakta, sonra bunlara araştırmacı tarafından verilen önem veya değer puanları tayin edilmektedir. Sınıf puanı ve görece puanlar olarak da adlandırılabilen puanlama sistemleri kullanılarak her bir hat için toplam skor belirlenmektedir. En yüksek skoru alan hatlar, seçilen özellikler açısından üstün hatlar olarak belirlenmektedir. Seçim kriteri değiştirilerek yeniden yapılacak bir puanlamada aynı popülasyondan farklı özellikteki hatlar öne çıkabilme şansına sahip bulunabilmektedir [4-6].

Türkiye’de önceki yıllarda değişik bitki türlerine ait hat seçimlerinde tartılı derecelendirme yönteminden yararlanıldığına ilişkin bilgiler bulunmaktadır. Bunlara ilişkin genel bir literatür incelemesi ve özet bilgiler, Sönmez [7] tarafından verilmiştir. Patlıcan anaçlarının tuza dayanım yönünden birbiriyle kıyaslandığı bu çalışmada, Düzeltir ve Yanmaz [8]’ın çekirdek kabağı çeşidi geliştirmek amacıyla yürüttükleri seleksiyon çalışmalarında kullanılan Tartılı Derecelendirme Yöntemi kullanılmıştır [9]. Verilen kaynakta, tartılı derecelendirmede kullanılan ve seleksiyon kriterleri doğrultusunda hazırlanan sınıf (SP) ve göreceli puan (GP) değerleri çizelge halinde açıklanmış olup, denemeye alınan her hat için seleksiyon kriterlerine göre değerlendirme yapılmıştır. Hatların tüm özellikler yönünden aldıkları SPxGP çarpımı sonucu elde edilen toplam puanlar hesaplanmıştır. Hatların toplam puanlarının ortalamaları alınarak, ortalamanın üstünde kalan hatlar bir sonraki yıl çalışmaları için seçilmiştir.

Tuza dayanımın artırılması amacıyla yapılacak araştırmalarda kullanılacak ve üretimde tuzlu koşullarda önerilebilecek anaç belirlemek için başlatılan çalışmalarda değerlendirilmek üzere, Türkiye’de patlıcan için kullanılan dört adet ticari anaç tuz stresi karşısında gösterdikleri performans bakımından karşılaştırılmıştır. Tuza dayanım bakımından dört adet ticari patlıcan anaçı arasında farklılık bulunup bulunmadığının belirlenmesi ve bunların arasında en iyi dayanım sergileyen anaçın saptanması, çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitkisel Materyal ve Yetiştirilmesi

Patlıcan anaçlarının tuz stresine karşı farklılığının ortaya konulabilmesi amacıyla yürütülen çalışmada; piyasada ticari olarak yer alan ve kullanılan, biyotik faktörlere tolerans/dayanıklılıkları firmaları tarafından beyan edilen, ancak tuz stresi koşullarına karşı dayanım durumları hakkında bilgi bulunmayan 4 adet anaçlık çeşit (Köksal F₁, Vista-306, AGR-703, Yula F₁) kullanılmıştır. Tohumlar 2:1 oranında torf:perlit karışımı içeren viyollere ekilmiş, 2-3 gerçek yapraklı fideler Hoagland besin çözeltisi içeren hidroponik sisteme alınmışlardır [10]. Su kültürü için, 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik küvetler

kullanılmıştır. Her fide için üzerine delikler açılmış plastik tablolara patlıcan fideleri küçük sünger parçaları ile sarılmak suretiyle yerleştirilmiştir. Bitki kökleri besin çözeltisinde olacak şekilde tablolar küvetlerin üzerine konulmuştur. Havalandırma işlemi, akvaryum pompası yardımıyla sağlanmıştır. Birer haftalık aralarla besin çözeltileri yenilenmiş, bitkilerin eşit ışıklandırmasını sağlamak amacıyla küvetlerin yerleri değiştirilmiştir.

Fidelerin yetiştirilmesi ve tuz uygulamalarının yapılması işlemleri, sıcaklık ve nem kontrolünün otomatik olarak sağlandığı, 25°C sıcaklık, %50-55 oransal neme sahip cam serada gerçekleştirilmiştir. Fideler 4-5 gerçek yapraklı oldukları dönemde tuz uygulamalarına geçilmiştir.

Tuz uygulamalarının yapılması

Çalışmada yer alan bitkiler tuz ve kontrol olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Kontrol grubunda herhangi bir uygulama yapılmazken; tuz grubundaki küvetlere her gün 50 mM NaCl ilave edilerek, besin çözeltisi içerisinde final konsantrasyon 100 mM tuz bulunacak şekilde tuz uygulamaları yapılmıştır.

Ölçüm ve Analizler

Stres uygulamasının 7. gününde bitkilerde tuz stresinin semptomatik etkileri belirgin olarak ortaya çıkmış, Hoagland besin çözeltisinde yetiştirilen anaçların tuzdan kaynaklanan hasarın gözle görülen belirtilerini ifade edebilmek amacıyla, 0-5 skalası oluşturulmuştur. Bunun için zararlanma derecesine göre bitkilere 0’dan 5’e kadar puan verilmiştir [11]. **0:** Bitkilerin tuz stresinden hiç etkilenmemesi (kontrol bitkileri), **1:** Büyümede yavaşlama, yapraklarda lokal sararma ve kıvrılma, **2:** Yapraklarda sararma ve %25 oranında nekrotik lekelenmeler, **3:** Yapraklarda %25-50 arasında nekrotik leke göstermesi ve dökülmesi, **4:** Yapraklarda %50-75 oranında nekroz ve ölümlerin görülmesi, **5:** Yapraklarda %75-100 oranında şiddetli nekroz görülmesi veya bitkinin tamamen ölmesi.

Bitkide ‘yeşil aksam ve kök’ yaş ve kuru ağırlık ölçümleri

Kontrol ve tuz uygulamalarındaki her çeşitten tesadüfi olarak seçilen 4’er bitki 1/10000’lik hassas terazide tartılarak g olarak yaş ağırlıkları belirlenmiş, daha sonra 65°C’deki etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları da gram olarak belirlenmiştir [12,13].

Gövde ve kök boyları, yaprak alanı ölçümleri

Her tekrardan alınan bitkilerin kök ve gövde boyları milimetrik bir cetvel yardımıyla, yaprak alanları ise Licor LI-3000A model yaprak alan ölçer ile ölçülmüştür.

Mineral element analizleri

Tesadüfi olarak seçilen dörder bitkinin gövde ve kök kısmı mineral element analizleri için kullanılmıştır. Yaprak ve kök örneklerinde Na, K, Ca ve Cl içerikleri belirlenmiştir. Bu amaçla yaprak ve kök örnekleri, 65 °C’ye ayarlı etüvde kurularak öğütülmüştür. Na, K ve Ca içeriğinin belirlenmesi için 1 g kuru örnek tartılarak nitrik:perklorik asit karışımında (4 kısım HNO₃ + 1 kısım HClO₄) yaş yakılıp, alev fotometresinde okunmuştur. Cl ise 0.1 N AgNO₃ ile potansiyometrik titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir [14].

Klorofil ve lipid peroksidasyon analizi

Klorofil analizleri için sürgün ucundan itibaren geriye doğru ilk üç yaprak alınmıştır. Örneklerden hazırlanan ve içinde klorofil bulunan çözeltinin absorbans değerleri

spektrofotometrik olarak okunmuş, klorofil miktarı $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A. (Taze Ağırlık) olarak hesaplanmıştır [15]. Lipid peroksidasyonunun ölçümü Lutts ve ark. [16]'na göre yapılmıştır. MDA konsantrasyonu, 155 mMcm^{-1} olan 'extinction katsayısı' kullanılarak $\mu\text{mol}/\text{g}$ T.A. olarak belirlenmiştir.

Antioksidatif enzim analizleri

Enzim analizleri için 1 g taze yaprak ve doku örnekleri sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra, içinde 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM'lık 10 ml fosfor tampon çözeltisi (pH 7.6) ile homojenize edilmiş, 15 dk 15000 g'de santrifüj edildikten sonra ölçüm yapılmaya kadar $+4^\circ\text{C}$ sıcaklıkta tutulmuştur. Ölçümler Analitik Jena 40 model spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Enzim ölçümünde son hacimler, tampon çözeltisiyle tamamlanmıştır. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında O_2^- tarafından indirgenmesi yöntemine göre; katalaz aktivitesi (CAT), H_2O_2 'nin 240 nm'de ($E=39.4 \text{ mM cm}^{-1}$) parçalanma oranı esas alınarak ölçülmüştür [17,18]. Glutatyon redüktaz (GR) aktivitesi, Çakmak ve Marschner [17] ve Çakmak ve ark. [18]'na göre 340 nm'de ($E=6.2 \text{ mM cm}^{-1}$) NADPH'nin oksidasyonu esas alınarak, askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi, 290 nm'de ($E=2.8 \text{ mM cm}^{-1}$) askorbatın oksidasyonu ölçülerek belirlenmiştir [17,18].

Denemenin Değerlendirilmesi

Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre kurulan denemelerden elde edilen sayısal değerler varyans analizine tabi tutulup, uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilik derecesi ortaya konulmuştur. Bunun için % 0.5 düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Bu amaçla MSTAT-C [19] paket programından yararlanılmıştır.

Patlıcan anaçlarını tuza dayanım özelliği bakımından bir sıralamaya tabi tutabilmek amacıyla tartılı derecelendirme yöntemi kullanılmıştır. Tartılı derecelendirme [6] ya da modifiye edilmiş tartılı derecelendirme [20] yöntemi, araştırmacının amacına uygun genotipi belirlemek için kullandığı sıralama yöntemidir. En yüksek dayanımı gösteren anacın belirlenmesi hedef alınarak, öncelikle seçim kriterleri belirlenmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde uygulanan değerlendirmede skala, yeşil aksam yaş ağırlık, yeşil aksam kuru ağırlık, kök yaş ağırlık, kök kuru ağırlık, SOD, GR, CAT, APX, yeşil aksam K, yeşil aksam Ca, yeşil aksam K/Na oranı, kök K, Kök Ca, yaprak alanı, gövde boyu, kök boyu, MDA, yeşil aksam Na, yeşil aksam Cl, kök Na, Kök Cl ve klorofil ölçümleri esas alınmıştır. Ölçüm yapılan her özelliğin sınıf puanı (SP) uzman tanımlı skorlama esasına göre yapılmıştır. Görece puanlarının (GP) belirlenmesinde ise yapılan gözlem ve ölçümlerin, tuza dayanımın belirlenmesinde esas olan önem derecelerine göre 100 tam puanın dağıtılması ile elde edilmiştir. Değerlendirme sonunda karar vermeyi sağlayan toplam puan; sınıf puanı ve görece puanının çarpımı sonucu elde edilmiştir. Elde edilen verilerin yorumlanması, 'Tartılı Derecelendirme' (Weighted-Rankit) yöntemine göre yapılmıştır [21-23,8]

BULGULAR ve TARTIŞMA

Skala değerlendirmesi

Tuz stresinin morfolojik olarak meydana getirdiği zararın ortaya konulabilmesini amaçlayan ve 0'dan 5'e kadar yapılan görsel skala değerlendirmelerine göre,

kontrol gruplarında yer alan bitkilerde skala değeri tümüyle '0' olarak kaydedilmiştir. Tuz uygulamasından sonraki 7. günde, 4 adet patlıcan anacında belirlenen skala değerleri ortalaması ve bunlara ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre AGR-703 anacı 3.48 skala değeri ile 100 mM tuz uygulamasında en fazla semptom gösteren anaç olurken, bunu sırasıyla Vista-306 (3.12), Yula F₁ (2.70) ve Köksal F₁ (2.00) izlemiştir. Skala değerlendirmeleri esas alındığında Köksal F₁ denemede tuzdan en az düzeyde etkilenen anaç olarak belirlenmiştir. Domateste [24] ve kavunda [13] yapılan tuz çalışmalarında skala değerlerinin genotiplerin seçiminde önemli bir parametre olabileceğini ifade etmiştir.

Biyomas analizleri

Tuz stresi koşullarında patlıcan anaçları arasında yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, gövde ve kök boyu, yaprak alanı ve mineral element analizleri bakımından ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tuz stresi, incelenen parametreler bakımından tüm bitkilerin değerlerinde azalmaya yol açmıştır. Ancak kontrol bitkilerine göre hesaplanan bu azalmanın derecesi (%) çeşitlere bağlı olarak farklılık göstermiş ve çeşitlerin tuz stresi karşısında performanslarının ortaya konulması ve değerlendirilmesi bakımından daha etkin bulunmuştur.

Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı

Tuz stresi, 7. günün sonunda bitki gelişimini değişen oranlarda etkilemiş, ancak genel olarak bitkilerin yeşil aksam yaş ağırlıklarında azalmaya neden olmuştur. Tuzdan gözle görülebilir zararlanma derecesi arttıkça yani skala değeri büyüdükçe, yeşil aksam yaş ağırlığı azalmıştır. Her ne kadar 4 çeşit aynı istatistiksel grup içinde yer almış olsa da; her çeşidin kendi kontrolü ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen % değişim oranı bakımından Köksal F₁ ve Vista-306 anaçları 100 mM tuz dozunda yeşil aksam yaş ağırlığını koruyucu bir tutum sergilemiştir (sırasıyla % 43.05 ve %48.15). Yeşil aksam yaş ağırlığındaki % azalma oranları bakımından AGR-703 ve Yula F₁ anaçları, diğerlerine göre tuzdan daha fazla etkilenmişlerdir (sırasıyla % 52.58, %54.99).

Stres koşulları altında yeşil aksam kuru ağırlık miktarlarında da azalma gözlenmiştir (Çizelge 1). Her çeşidin kendi kontrolü ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen değişim oranları, çeşitlerin tuz stresi altında gelişme performanslarını koruyabilmeleri bakımından daha etkin bulunmuştur. Buna göre % azalma oranı bakımından 100 mM tuz uygulamasında anaçlar sıralandığında ilk sırayı AGR-703 (%58.32 ve 68.13) ve Vista-306 (%52.94 ve 66.75) almıştır. Yula F₁ (%49.88 ve 66.51) ve Köksal F₁ (%41.12 ve 56.19) ise kontrole göre ağırlık kaybını sınırlı düzeyde tutabilmiştir. Buğday, domates, kabakta ve bezelyede yapılan çalışmalar da, stres sonucu bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarında kayıpların meydana geldiğini göstermiştir [11, 25-27].

Kök yaş ve kuru ağırlığı

Kök yaş ve kuru ağırlıkları bakımından elde edilen bulgular Çizelge 1'de verilmiştir. Tuz stresi koşullarında patlıcan anaçlarının kök yaş ve kuru ağırlıklarında azalma meydana gelmiştir. Kök yaş ağırlığı bakımından oluşan % değişimlerin 100 mM tuz uygulamasında sırasıyla; Vista-306, Yula F₁, Köksal F₁ ve AGR-703'te (%6.30, 10.56, 17.63 ve 27.91) olduğu belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığı bakımından, her iki tuz dozunda Köksal F₁, Vista-306, Yula F₁ ve AGR-703 patlıcan anaçlarında ise kayıplar

Çizelge 1. Patlıcan anaçlarında tuz stresi sonucunda bitki büyüme parametreleri bakımından meydana gelen değişimler

Anaç	NaCl (mM)	Skala	Yeşil Aksam Yaş Ağırlık (g/bitki)	Değişim (%)	Yeşil Aksam Kuru Ağırlık (g/bitki)	Değişim (%)	Kök Yaş Ağırlık (g/bitki)	Değişim (%)	Kök Kuru Ağırlık (g/bitki)	Değişim (%)	Gövde Boyu (cm)	Değişim (%)	Kök Boyu (cm)	Değişim (%)	Yaprak Alanı (cm ²)	Değişim (%)
AGR - 703	0	0.00	11.66 ^a	0.00	0.91 ^a	0.00	2.15 ^a	0.00	0.19	0.00	28.22 ^a	0.00	24.56 ^{b-d}	0.00	138.67 ^a	0.00
	100	3.48	5.25 ^{de}	-54.99	0.37 ^e	-58.32	1.55 ^c	-27.91	0.11	-41.39	17.57 ^c	-37.76	26.00 ^{a-c}	5.88	100.00 ^{cd}	-27.88
Köksal F ₁	0	0.00	8.83 ^c	0.00	0.60 ^d	0.00	1.82 ^b	0.00	0.19	0.00	21.45 ^b	0.00	23.56 ^{b-d}	0.00	112.20 ^b	0.00
	100	2.00	5.03 ^{df}	-43.05	0.35 ^e	-41.12	1.50 ^{ce}	-17.63	0.14	-28.55	13.83 ^e	-35.49	28.17 ^a	19.58	96.67 ^{de}	-13.84
Vista-306	0	0.00	10.50 ^b	0.00	0.79 ^b	0.00	1.53 ^{cd}	0.00	0.18	0.00	29.00 ^a	0.00	21.67 ^d	0.00	119.37 ^b	0.00
	100	3.12	5.45 ^d	-48.15	0.37 ^e	-52.94	1.44 ^{df}	-6.30	0.12	-32.50	20.11 ^b	-30.65	26.33 ^{ab}	21.54	97.00 ^{de}	-18.74
Yula-F ₁	0	0.00	10.78 ^{ab}	0.00	0.73 ^c	0.00	1.55 ^c	0.00	0.2	0.00	28.11 ^a	0.00	23.00 ^{cd}	0.00	109.17 ^{bc}	0.00
	100	2.70	5.11 ^{de}	-52.58	0.37 ^e	-49.88	1.38 ^f	-10.56	0.13	-37.90	16.44 ^{cd}	-41.50	26.00 ^{a-c}	13.04	88.00 ^{e-g}	-19.39

ortalama % 32.95, % 38.97, % 41.7 ve % 44.16 arasında gerçekleşmiştir. Adavi ve ark. [28] ile Kurum ve ark. [29] da, artan tuz konsantrasyonlarının kök kuru ağırlıklarında azalmaya neden olduğunu saptamışlardır.

Gövde ve kök boyu, Yaprak alanı

Tuz stresi çeşitlerin gövde ve kök boyları ile yaprak alanlarında azalmalara neden olurken, çeşitler arasında da istatistiksel bakımdan önemli düzeyde farklılıklar ortaya çıkmıştır (Çizelge 1). Gövde boyu bakımından en yüksek değerleri 100 mM tuz uygulamasında Vista 306 (20.11 cm) vermiş, bunu sırasıyla AGR-703, Yula F₁, Köksal F₁ anaçları izlemiştir (17.57, 16.44 ve 13.83 cm). Ancak gövde boyu % değişim açısından incelendiğinde; her iki tuz uygulamasında Köksal F₁ ve Vista-306 çeşitleri, en düşük oranda azalmaya sahip olmuşlardır (% 35.49, 36.79 ve % 30.65, 47.89). Oysaki AGR-703 ve Yula F₁ çeşitlerinin stres koşulları altında gövde boyu kayıp oranları da bitki yaş ağırlığında olduğu gibi yüksek bulunmuştur. Khah [30], Yin ve ark. [31] ve Zhang ve ark. [32], tuz stresinin bitki gelişimini sınırlandıran en önemli faktörlerden biri olduğunu bildirmişlerdir. Ünlükara ve ark. [33] da, patlıcanda artan tuz konsantrasyonlarının gövde ve kök boyu değerlerinde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir.

Kök boyu bakımından anaçlardaki % değişim incelendiğinde; 100 mM tuz uygulamasının kök boylarında artışa yol açtığı anlaşılmaktadır. Kontrollerine oranla en az değişimin saptandığı çeşit AGR-703 (% 5.88) olmuş, bunu sırasıyla Yula F₁, Köksal F₁ ve Vista-306 takip etmiştir (%13.04, %19.58, %21.54). Kurum ve ark. [29] anaçlık olarak kullanılan kabak çeşitlerinde, Öztekin ve Yüksel [34]'in domateste yaptıkları çalışmalarında farklı seviyelerdeki tuz uygulamalarının tuz seviyesindeki artışa paralel olarak kök boyu değerlerinde azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen bulgular, araştırmacıların sonuçları ile de uyum göstermiştir.

Yaprak alanı bakımından tuz uygulamasından en az düzeyde etkilenen ve kontrollerine en yakın değerler veren çeşitler sırasıyla Köksal F₁, Vista 306, Yula F₁ ve AGR-703 olmuştur (%13.84, % 18.74, % 19.39 ve % 27.88). Tuz stresi nedeniyle ortaya çıkan toksisite, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyelinin düşmesine ve bitki gelişiminde azalmaya neden olmaktadır. Özellikle stomaların kapanması, bitkinin fotosentez hızının azalmasına ve ilerleyen dönemlerde bitkinin ölümüne yol açmaktadır. Bu değişim süreci içerisinde tuz stresine en duyarlı olan bitki organlarının yapraklar olduğu düşünülmektedir [35].

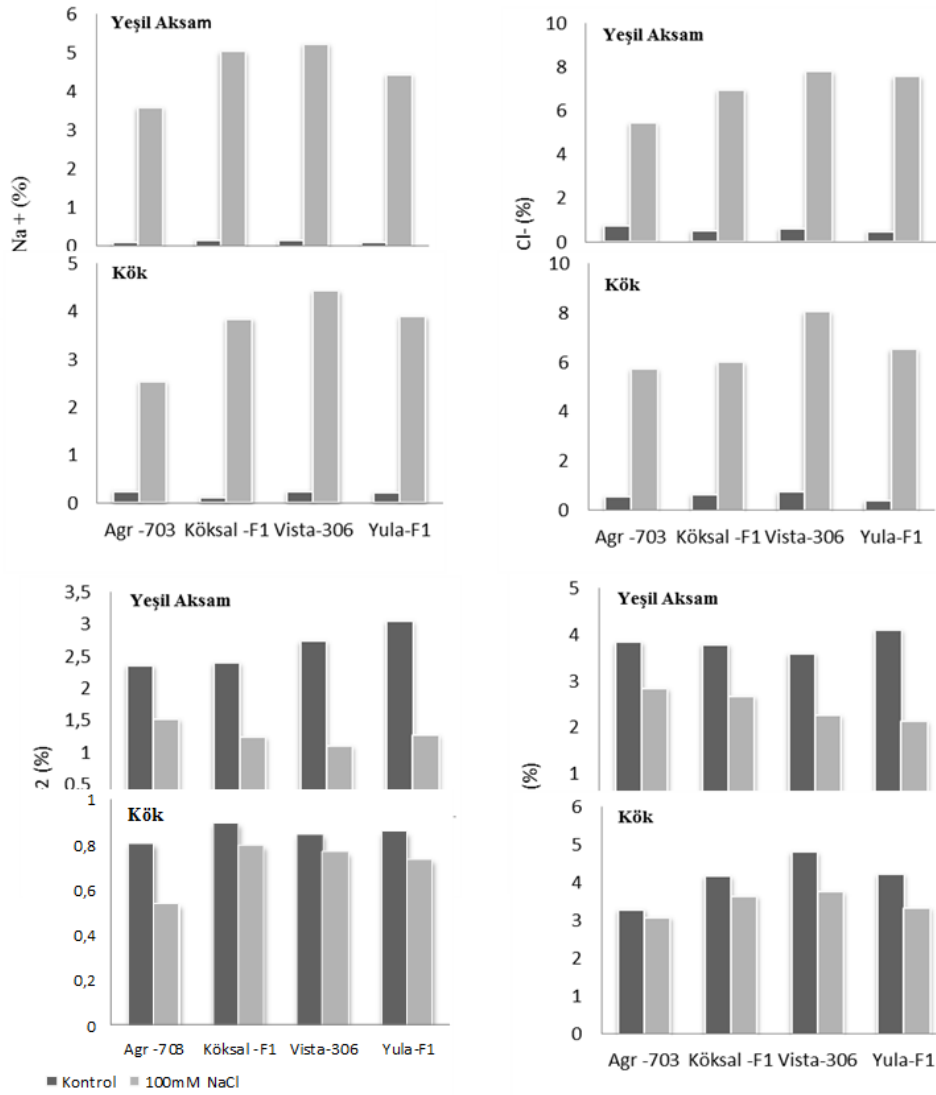
Çilekte [36], kavunda [13], domateste [34] yapılan tuzluluk çalışmalarında, tuz seviyesindeki artış ile birlikte yaprak alanlarında azalma meydana gelmiştir.

Mineral Element Analizleri

Yeşil aksam Na⁺, K⁺, Ca⁺², Cl⁻ miktarları ile K⁺/Na⁺ oranları

Patlıcan anaçlarının tuz stresi karşısında yeşil aksam ve kök iyon dengesi bakımından göstermiş oldukları tepkiler farklılık göstermiştir (Şekil 1). Bu farklılıklar istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Farklı patlıcan anaçlarında büyümedeki azalmanın en önemli nedenlerinden birisi, bitki bünyesinde gereğinden çok fazla ve toksik düzeyde biriken sodyum iyonu konsantrasyonudur. Başka bazı bitki türlerinde olduğu gibi [11, 37] çeşitlerin tuza tolerans özelliği bitki yeşil aksamındaki Na⁺ iyonu birikimi ile ilgili görülmektedir. Yeşil aksam Na⁺ iyon konsantrasyonu tüm patlıcan anaçlarında artış göstermiştir. Buna göre 100 mM tuz uygulamasında Köksal F₁ (% 2925) daha seçici davranarak Na⁺ alımını sınırlı tutmuş, Vista-306 (%3040), AGR-703 (%3223) ve Yula F₁ (%4000) çeşitleri bünyelerinde daha fazla miktarda Na⁺ iyonu biriktirmişlerdir. Yula F₁ çeşidinde skala değerleri düşük olmasına karşılık Na⁺ iyonunun artış gösterdiği, ancak bir şekilde Na⁺ iyonuna karşı doku toleransı gösterdiği düşünülmektedir. Bu bakımdan Marschner [38], Daşgan ve Koç [12], Assaha ve Ueda [39] tarafından bildirilen sonuçlar ile bizim bulgularımız benzerlik göstermektedir.

Tuz stresi koşullarında patlıcan anaçlarının yeşil aksam K⁺ miktarında da azalma meydana gelmiştir. 100 tuz uygulaması karşısında K⁺ iyonunu yapılarında en fazla koruyabilenler; AGR-703 (%26.06) ve Köksal F₁ (%29.45) olmuştur. Vista-306 (%37.27) ve Yula F₁ (%48.28) ise K⁺ miktarı bakımından daha fazla kayıp sergilemiştir. Yula F₁'e ait bitkiler Na⁺ ve Cl⁻ iyonunu gereğinden daha fazla almış ve Na⁺ iyonu ile oluşan rekabet nedeniyle K⁺ iyonu alımında azalma kaydedilmiştir. Nitekim Levitt [40] Na⁺ ve K⁺ iyonları arasında yüksek değerli bir negatif etkileşim bulunduğunu bildirmiştir. Yula F₁ çeşidinin tuz stresine toleransının ortaya çıkmasında bu özellik etkili bir kriter olarak görülmemiştir. Farklı seviyelerdeki tuz uygulamalarının pamuk yapraklarının K⁺ iyonu değerlerinde artışa yol açtığını bildirilmiştir [32]. Tuz uygulamaları altında patlıcan yapraklarında Na⁺ iyonu ile oluşan rekabet nedeniyle, K⁺ iyonu alımında azalma meydana gelmiştir [39].



Şekil 1. 100 mM NaCl içeren besin çözeltisinde yetiştirilen farklı patlıcan anaçlarına ait bitkilerin yeşil aksam ve kök iyon içerikleri

100 mM tuz uygulaması tüm çeşitlerde yeşil aksam Ca^{+2} iyonu bakımından değişen oranlarda azalmaya yol açmıştır. AGR-703 (%35.69) ile Köksal F_1 (%48.61) kontrollerine göre Ca^{+2} iyonunu bünyelerinden en fazla tutmuştur. Buna karşılık Yula F_1 (58.47) ve Vista-306 (%59.88), Ca^{+2} iyonunu bakımından en fazla değişime sahip olmuştur. Tuz stresinin bitkilerde Na^+ ve Cl^- iyonlarının birikimine neden olduğu, Ca^{+2} oranında ise azalmaya yol açtığı bilinmektedir [41]. $NaCl$ 'ün bitkinin kalsiyum alımını ve taşınımını azalttığı, kalsiyum yetersizliği ve bitkide iyon dengesizliğine neden olduğu önceki araştırmalarda da vurgulanmıştır [12,13,42].

100 mM tuz uygulaması tüm çeşitlerde yeşil aksam Ca^{+2} iyonu bakımından değişen oranlarda azalmaya yol açmıştır. AGR-703 (%35.69) ile Köksal F_1 (%48.61) kontrollerine göre Ca^{+2} iyonunu bünyelerinden en fazla tutabilen çeşitler olmuşlardır. Buna karşılık Yula F_1 (58.47) ve Vista-306 (%59.88) çeşitleri Ca^{+2} iyonunu bakımından değişimin en fazla düzeyde gerçekleştiği çeşitler olmuşlardır.

Nitekim tuz stresinin bitkilerde Na^+ ve Cl^- iyonlarının birikimine neden olduğu, Ca^{+2} oranında ise azalmaya yol açtığı bildirilmiştir [41]. $NaCl$ 'ün bitkinin kalsiyum alımını ve taşınımını azalttığı, kalsiyum yetersizliği ve bitkide iyon

dengesizliğine neden olduğu pek çok araştırmacı tarafından da vurgulanmıştır [12,13,42].

Farklı patlıcan çeşitlerinin büyümesindeki azalmanın en önemli kritik nedenlerinden birisi de bitki bünyesine gereğinden fazla biriken klor iyonu konsantrasyonudur. Çalışmamızda tuz içeren ortamda yetiştirme sonrası, yeşil aksamda Cl^- iyonu artışı olmuş ve bu artış oranları arasında büyük farklılıklar ortaya çıkmıştır. Yula F_1 ve Köksal F_1 , Na^+ iyonu yanı sıra bünyelerine en fazla miktarda Cl^- iyonunu alan çeşitler olmuştur (% 1454.55 ve % 1208.33). Buna karşılık AGR-703 ve Vista-306 çeşidi Cl^- iyonunu bünyelerinde daha az biriktirmişlerdir (%609.62 ve % 1157.14). Kuşvuran ve ark. [37], tuz uygulanan kavun çeşitlerinde bitkilerin yapraklarında Cl^- iyonu birikimi bakımından kontrole göre sırasıyla %3516.7 ve % 4254.2 oranında artış ortaya çıktığını, buna karşılık tuza toleransı yüksek çeşitlerde bu artış oranının sadece %357.1 ve %366.7 seviyelerinde kaldığını bildirmişlerdir. Carjaval ve ark. [42] da kavun bitkisinin Na^+ ve Cl^- iyonlarına karşı spesifik bir toksisiteye sahip olduğunu bildirmektedir. Ayrıca mısır [43] ve pamuk [32] türlerinde $NaCl$ uygulamalarının yeşil aksamda ve kökte Cl^- iyonu birikimine neden olduğunu belirlenmiştir.

Anaçlarda K^+ ile Na^+ iyonu arasındaki tercihlerin bir göstergesi olarak düşünülen K^+/Na^+ oranı bakımından;

genotip düzeyinde istatistiksel bakımdan önemli bir farklılık görülmemiş ve toleransın ortaya çıkmasında etkili bir kriter olarak dikkati çekmemiştir. Ancak kendi kontrollerine göre değişim oranları bakımından AGR-703 ve Köksal F₁, tercihi K iyonu yönünde kullanmışlardır. Vista-306 ve Yula F₁ Na⁺ iyonunu bünyelerine daha fazla tutmuşlardır. Na⁺ miktarında meydana gelen artış, iyonik çaplarının ve elektriksel yüklerinin benzerliği nedeniyle K⁺ iyonu ile rekabete girerek bu iyonun alımını da engellemektedir [40]. Romero ve ark. [44] ve Debouba ve ark. [45] da, stres altındaki bitkilerin yapraklarında artan Na⁺ konsantrasyonunun antagonistik etkisi nedeniyle K⁺ eksiklikleri ortaya çıkabileceğini ifade etmişlerdir.

Kök Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻ oranları

Tuz stresi koşullarında çeşitlerin kök Na⁺ iyonu miktarlarında artış görülmüştür (Şekil 1). Kök Na⁺ iyonu artış oranı bakımından Köksal F₁ (% 3200.00) ilk sırayı almış, bunu sırasıyla Vista-306 (1734.48), Yula F₁ (%1700.00) ve AGR-703 (%913.33) izlemiştir. Tuz stresi koşulunda çeşitlerin yeşil aksam Na⁺ miktarları yanı sıra kök Na⁺ miktarlarında da artış olabileceği birçok araştırmacı tarafından da vurgulanmıştır. Ancak yeşil aksamda Na⁺ konsantrasyonu düşük çeşitlerin, Na⁺ iyonunu köklerinde daha fazla tutarak yeşil aksama göndermedikleri ve böylece kendilerini tuz toksisitesinden korudukları düşünülmektedir. Öte yandan yeşil aksamlarında yüksek düzeyde Na⁺ bulduran ve bundan zarar gören çeşitlerin, köklerden alınan Na⁺ iyonunu yeşil aksama taşıyıp toksisite düzeylerine ulaştırdığı ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir [46, 47].

Tuz uygulaması yapıldığında denemede yer alan çeşitlerin köklerinde kontrole göre K⁺ iyonu miktarında azalma meydana gelmiştir (Şekil 1). Tuz stresi koşullarında kökte bulunan potasyum miktarları incelendiğinde, çeşitlerin yeşil aksam K⁺ miktarındaki azalmaya paralel bir tutum sergiledikleri görülmüştür. Tuz uygulaması karşısında K⁺ iyonunu yapılarında en fazla tutabilen anaçlar; AGR-703 (%6.33) ve Köksal F₁ (%12.40) olarak belirlenmiştir. Vista-306 (%21.84) ve Yula F₁ (%21.26) çeşitleri ise K⁺ miktarı bakımından daha fazla kayba uğramışlardır. Turan ve ark. [43] ve Jalali-Honarmand ve ark. [27] tarafından, tuz stresi koşulları altında yeşil aksamda kökten daha fazla K⁺ iyonu birikiminin gerçekleştiği bildirilmiştir.

Tuz stresi koşulunda yetiştirilen çeşitlerin kök Ca²⁺ iyon miktarları genel olarak azalmıştır (Şekil 1). Kontrol bitkilerine göre % değişimler bakımından incelenen çeşitler 100 mM tuz koşulunda farklı tutum göstermişlerdir. Sırasıyla Vista-306, Köksal F₁, Yula F₁ ve AGR-703; %9.80, %11.11, %13.59, %34.02 oranlarında kayba uğramışlardır. Navarro ve ark. [48] domateste, Kaya ve ark. [49] çilekte ve mısırdaki [50], tuz fazlalığının kök ve yeşil aksamda Ca²⁺ konsantrasyonunun azalmasına neden olduğunu belirlemişlerdir.

Tuz stresi karşısında tüm çeşitlerin bitki köklerinde Cl⁻ iyonu artışı olmuş ve bu artış oranları arasında farklılıklar görülmüştür (Şekil 1). Tuz stresi uygulanan fidelerde, bazı çeşitlerin Cl⁻ iyonunu bünyelerine alma konusunda seçici davrandıkları gözlenmiştir. Cl⁻ iyonu birikimi bakımından kontrole göre en az değişim Köksal F₁ (% 804.44) ve AGR-703 (%894.87)'te ortaya çıkmıştır.

Vista-306 (% 948.08) ve Yula F₁ (% 1537.04) anaçları, Cl⁻ iyonunu köklerinde daha fazla biriktirerek, en az düzeyde kloru yeşil aksamına iletmişlerdir. Benzer sonuçlar Turan ve ark. [43] tarafından mısırdaki yapılan tuz stresi çalışmasında da rapor edilmiştir. Köklerde veya yeşil

aksamdaki Cl⁻ iyonu miktarı da tolerant veya tuza duyarlı olma özelliğinden bağımsız olarak değişkenlik göstermiştir. Klor toksisitesine karşı gösterilen toleransın ya da bünyeye en düşük miktarda klor alma yeteneğinin, kavunda tuza toleransı belirleyen en etkin parametre olabileceği vurgulanmaktadır [51]. Ayrıca yeşil aksamdaki klor iyonu miktarının, bitkinin tuza tolerans durumu hakkında fikir veren çok değerli bir parametre olarak görüldüğü, tek tek organlar bazında alınan sonuçların pratik bir değere sahip olmadığı bildirilmiştir [52].

Klorofil içeriği

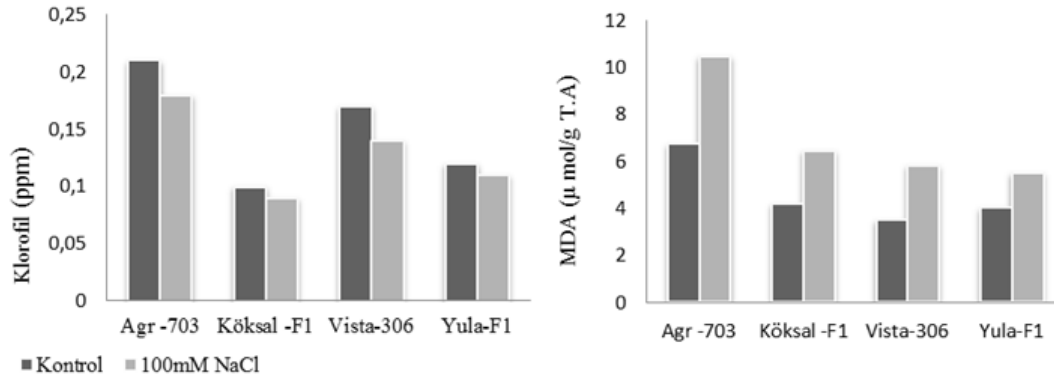
Klorofil miktarı bakımından istatistiksel anlamda çeşitler arasında farklılıkların olmadığı belirlenmiş (p>0.05) olmasına rağmen, tuz stresi altında yaprakların klorofil miktarlarında azalma meydana geldiği görülmüştür (Şekil 2a). Tuz stresi altında klorofil miktarını en iyi koruyan ve klorofil kaybını oldukça sınırlı oranlarda tutabilen çeşitler Köksal F₁ ile Yula F₁ olmuştur (%7.90 ile %13.36). Vista-306 ile AGR-703 çeşitleri ise her iki tuz uygulamasında kontrole göre %22.89 ile %23.94'lük klorofil kaybı sergilemişlerdir. Klorofil miktarı, yüksek tuz konsantrasyonlarında kontrole göre azalmaktadır [53, 54]. Tuz stresi, bitkinin ölümüne neden olabileceği gibi tolerans durumuna bağlı olarak büyümeyi engellemekte, kloroplastların tahrip olması nedeniyle kloroz ve nekrotik lekelerin oluşumuna yol açabilmektedir [55]. Tuz uygulamaları, çalışmamızda tüm çeşitlerin klorofil miktarında azalmaya neden olmuştur. Klorofildeki azalma, patlıcan yapraklarının sararması ile kendini göstermiş, bunun hemen ardından kurumalar meydana gelmiştir. Nitekim çilekte [49], mısırdaki [50] ve bezelyede [27] yapılan tuz stresi çalışmalarında, tuz fazlalığının klorofil miktarında azalmalara yol açtığı ortaya konmuştur.

Lipid peroksidasyonu

Hücre zarlarındaki tahribat sonucunda lipidlerin oksidasyonu sonucunda ortaya çıkan bir ürün olan MDA miktarının belirlenmesi, çeşidin strese karşı gösterdiği tepki hakkında bilgi verebilir. Patlıcan anaçlarının tümünde tuz stresi, bitkilerin yapraklarında kontrole göre daha yüksek miktarlarda MDA açığa çıkmasına neden olmuştur. MDA miktarı bakımından kontrollere göre en fazla artış Köksal F₁ ve Vista-306 çeşitlerinde meydana gelmiştir (%94.88 ve %147.08) (Şekil 2b). %49.08 ve %82.91 değerleri ile Yula F₁ ve AGR-703 çeşitlerinin daha düşük MDA değişim oranlarına sahip oldukları görülmüştür. Lipid peroksidasyonu ürünü olan malondialdehit'in miktarının belirlenmesi, oksidatif zararın en basit göstergesi olarak kullanılmaktadır [56]. Domates yabancı türlerinde [57], buğdayda [58], biberde [59,60], patlıcanda [11], domateste [61] tuza toleransı yüksek genotiplerin düşük MDA miktarı ve daha az lipid peroksidasyonuna sahip olduğunu, lipid peroksidasyonu fazla olan genotiplerin ise tuza daha fazla duyarlılık gösterdikleri kanıtlanmıştır.

Antioksidatif enzim aktiviteleri

Tuz stresi sonucunda oluşan ve yüksek düzeylere ulaşan serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidatif madde miktarları ile antioksidatif enzim aktiviteleri, bitkilerde oksidatif strese karşı etkili olan en önemli dayanım mekanizmaları olarak işlev yapmaktadır. Süper oksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR), katalaz (CAT) gibi enzimler etkin antioksidatif enzimler arasında yer almaktadır. Çalışmamızda her bir enzime ait değerler genotip x uygulama kombinasyonları bazında ayrı ayrı

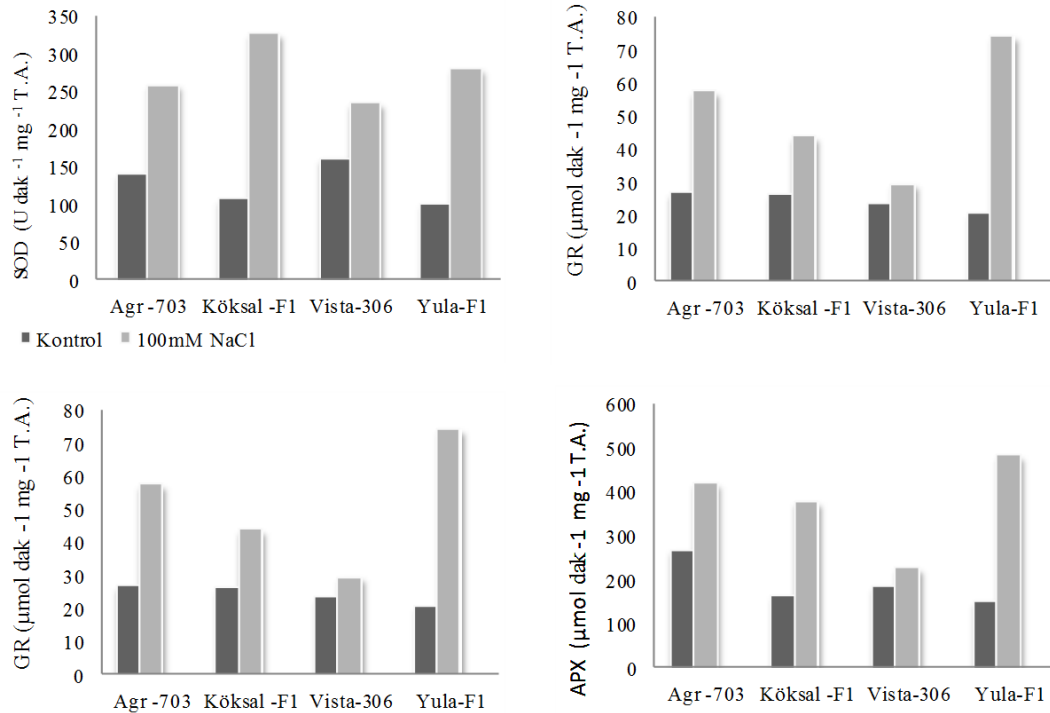


Şekil 2. 100 mM NaCl içeren besin çözeltisinde yetiştirilen farklı patlıcan anaçlarına ait bitkilerin a. klorofil ve b. MDA miktarları

değerlendirilmiştir. Çeşit ve uygulamalar arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak GR enzim aktivitesi bakımından önemli ($p < 0.05$), SOD, CAT ve APX enzim aktiviteleri bakımından ise önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur.

Oksidatif stres sonucu ortaya çıkan aktif oksijen türevlerinden süperoksit radikalının yok edilmesinden sorumlu olan SOD enzim aktivitesi tuz stresi ile birlikte artış göstermiştir. Bu artış, tuz dozundaki artış ile paralellik gösterirken SOD enzim aktivitesi bakımından en düşük değerler tüm çeşitlerin kontrol grubunda ölçülmüştür (Vista:161.55, Agr-703:141.06, Köksal F₁:107.36, Yula F₁:101.08 U dak⁻¹ mg⁻¹ T.A.). Tuz uygulamasında en yüksek artış oranına sahip olan Köksal F₁ (%277.00) çeşidi tuza tolerans oluşturma bakımından en fazla aktiviteye sahip çeşit olarak belirlenmiş, bunu Yula F₁, Agr-703, Vista-306 izlemiştir (% 210.00, 130.21, 60.36) (Şekil 3). Saha ve ark. [62], fasulyede yaptıkları çalışmalarında, tuz dozundaki artışa bağlı olarak SOD enzim aktivitesinde artışların meydana geldiğini; Zhang ve ark. [27], tuz stresi duyarlı pamuk çeşitlerinin SOD enzim aktivitesinin toleranslı çeşide oranla daha fazla artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Katalaz enzimi, oksidatif stres sonucu oluşan hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türevlerinin suya ve moleküler oksijene dönüşerek yok edilmesinde görevli bir enzim olarak rol almaktadır [63]. Tuz uygulamaları ile birlikte tüm çeşitlerin CAT enzim aktivitesinde da artışlar meydana gelmiştir. Tuz uygulamasında CAT enzim aktivitesi bakımından kontrole göre en fazla değişim sırasıyla; Köksal F₁ (% 127.32), Yula F₁ (%87.59), Agr-703 (%56.15) ve Vista-306 (% 45.45) çeşitlerinde ölçülmüştür. Sevgör ve ark. [25] tarafından, tuz stresi karşısında tolerant olan kabak genotiplerinde CAT enzim aktivitesinin hassas genotiplere oranla artış gösterdiği bildirilmiştir. Benzer sonuçlar Zhang ve ark. [27] tarafından da bildirilmiştir. Bu çalışmada da tuz miktarındaki artışla birlikte CAT enzim aktivitesinde artış meydana geldiği görülmüştür. Köksal F₁ çeşidi tuz stresine oldukça yüksek tolerans gösteren bir çeşit olmuş ve katalaz enzimi ile birlikte SOD enzimini çok daha etkin kullanmıştır. Öztekin ve Tüzel [34] ise domateste farklı bulgular hakkında bilgi vermekte, CAT aktivitesinin tuz stresi altında tuz şiddetine bağlı olarak zamanla azalma gösterebileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 3. 100 mM NaCl içeren besin çözeltisinde yetiştirilen farklı patlıcan anaçlarına ait bitkilerin SOD, CAT, GR ve APX enzim aktiviteleri

Stres uygulaması yapılmayan kontrol bitkilerindeki GR değerleri tüm çeşitlerde aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır (sırasıyla AGR-703: 26.85 $\mu\text{mol dak}^{-1} \text{mg}^{-1}$ T.A., Köksal F₁:26.26 $\mu\text{mol dak}^{-1} \text{mg}^{-1}$ T.A., Vista-306:23.44 $\mu\text{mol dak}^{-1} \text{mg}^{-1}$ T.A., Yula- F₁:20.58 $\mu\text{mol dak}^{-1} \text{mg}^{-1}$ T.A.) (Şekil 3). GR enzim aktivitesi bakımından oluşan % değişimlerin 100 mM tuz uygulamasında sırasıyla, Yula F₁, AGR-703, Köksal F₁ ve Vista-306 (%262.44, 115.11, 67.75 ve 26.46) çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir. Kaymakanova ve ark. [64] fasulyede, Kuşvuran ve ark. [65] kabakta tuz stresinin GR enzim aktivasyonunu kontrole göre artırdığını ifade etmişlerdir. Bu bulgular çalışmamızda, incelenen enzimlerin stres koşullarına dayanım üzerinde olumlu etki yapabildiği, sadece öncül SOD enzimindeki yüksek artışın dayanımı sağlamada tek başına yeterli olmadığı yönünde önemli bir bulgu olarak değerlendirilmiştir.

Askorbat peroksidaz enzim aktivitesinin de incelendiği çalışmada tuz uygulamaları APX enzim aktivitesinde artışa neden olmuştur. Tuz uygulamasıyla birlikte çeşitlerin APX enzim aktivitesinde ortaya çıkan % değişimler sırasıyla; Yula F₁, Köksal F₁, AGR-703 ve Vista-306 çeşitlerinde görülmüştür (%217.55, 130,18, 78.16 ve 46.64). Tuz stresi gibi oksidatif stres koşullarında enzimatik savunma mekanizmaları içerisinde yer alan glutation redüktaz ve askorbat peroksidaz enzimleri genellikle hidrojen peroksitin suya indirgenerek kloroplastlar ve mitokondriden temizlenmesinde etkili olmaktadır [66,57]. Tuz uygulamalarının stres süresince oluşturduğu değişimlerin incelendiği bu çalışmada, GR ve APX enzim aktivitelerinde

artışlar meydana gelmiştir. Bu artışlar özellikle skala değerleri daha düşük olan Yula F₁ ve Köksal F₁ çeşitlerinde dikkat çekici bir biçimde gerçekleşmiştir. Kuşvuran ve ark. [65] kabakta, tuz stresinin ve süresi arttıkça APX enzim aktivasyonunun da artabileceğini, Aktaş ve ark. [60] biberde tuza toleransı yüksek genotiplerin düşük APX enzim aktivasyonuna ve daha az lipid peroksidasyonuna sahip olduğunu, lipid peroksidasyonu fazla olan genotiplerin ise tuza daha fazla duyarlılık gösterdiklerini belirlemişlerdir. Bu sonuçlara göre; antioksidatif enzim aktivitelerinin strese karşı koruyucu rol oynadıkları, tuza toleransı yüksek anaçlık patlıcan çeşitlerinin belirlenmesinde diğer bazı fizyolojik kriterler ile birlikte etkili bir kriter olarak değerlendirilebileceğini söylemek mümkündür.

Tartılı derecelendirme sonuçları

Skala değeri ve MDA miktarı, tartılı derecelendirmede en yüksek grup puanı ile değerlendirilmiştir. Anaçların kök boyları, kök kuru ağırlıkları, kök potasyum ve kök kalsiyum içerikleri, SOD enzim aktivitesi de ikinci derecede etkin faktörler olarak kullanılmıştır. Klorofil içeriği ise, birçok faktöre bağlı olması sebebiyle en düşük grup değerini almıştır. Bu esaslara göre tuz uygulanan anaçlardan Köksal F₁ çeşidi, 235 genel toplam puanla değerlendirmeden en yüksek puanı almıştır (Çizelge 2). İkinci olarak 226 puanla AGR-703 ve Yula F₁ anaçlık çeşitler sıralanmıştır. En düşük genel toplam puanını, Vista-306 almıştır (191).

Çizelge 2. Dört adet patlıcan anacının tuz stresine dayanım bakımından tartılı derecelendirme yönünden değerlendirilmesi

	Skala	GP	SP	Y. A. Y. Ağ.	GP	SP	Y. A. K. Ağ.	GP	SP	Kök Yaş Ağırlığı	GP	SP
AGR-703	3,48	7	1	5,25	3	1	0,38	4	1	1,55	4	3
Köksal F ₁	2,00	7	3	5,03	3	1	0,35	4	1	1,50	4	3
Vista-306	3,12	7	2	5,45	3	1	0,37	4	1	1,44	4	2
Yula F ₁	2,70	7	3	5,11	3	1	0,37	4	1	1,38	4	1
	Kök Kuru Ağırlığı	GP	SP	Yaprak Alanı	GP	SP	Gövde Boyu	GP	SP	Kök Boyu	GP	SP
AGR-703	0,11	5	1	100,00	4	2	17,57	4	2	26,00	6	4
Köksal F ₁	0,14	5	3	96,67	4	2	13,83	4	1	28,17	6	5
Vista-306	0,12	5	2	97,00	4	2	20,11	4	3	26,33	6	4
Yula F ₁	0,13	5	2	88,00	4	1	16,44	4	2	26,00	6	4
	YA. K	GP	SP	YA. Na	GP	SP	YA-K/Na	GP	SP	YA. Ca	GP	SP
AGR-703	2,84	4	2	3,60	4	3	0,79	4	3	1,52	4	2
Köksal F ₁	2,68	4	2	5,04	4	1	0,53	4	2	1,14	4	1
Vista-306	2,26	4	1	5,24	4	1	0,43	4	1	1,10	4	1
Yula F ₁	2,13	4	1	4,45	4	2	0,48	4	1	1,27	4	1
	YA. Cl	GP	SP	Kök. K	GP	SP	Kök. Na	GP	SP	Kök. Ca	GP	SP
AGR-703	5,46	4	3	3,09	5	1	2,54	4	2	0,54	5	1
Köksal F ₁	6,97	4	2	3,65	5	2	3,85	4	1	0,80	5	2
Vista-306	7,81	4	1	3,76	5	2	4,44	4	1	0,77	5	2
Yula F ₁	7,59	4	1	3,34	5	1	3,90	4	1	0,74	5	2
	Kök. Cl	GP	SP	Klorofil	GP	SP	GR	GP	SP	CAT	GP	SP
AGR-703	5,74	4	3	0,18	2	1	57,75	3	4	253,32	4	4
Köksal F ₁	6,02	4	2	0,09	2	1	44,05	3	3	214,57	4	3
Vista-306	8,06	4	1	0,14	2	1	29,65	3	2	185,49	4	2
Yula F ₁	6,54	4	2	0,11	2	1	74,62	3	5	298,45	4	4
	APX	GP	SP	SOD	GP	SP	MDA	GP	SP			
AGR-703	422,53	4	4	259,71	5	4	10,44	7	1	Genel Toplam		226
Köksal F ₁	379,54	4	3	328,12	5	5	6,44	7	2			235
Vista-306	227,77	4	2	235,40	5	3	5,81	7	3			191
Yula F ₁	484,36	4	4	281,83	5	4	5,48	7	4			226

GP: Grup puanı, SP: Sınıf puanı, Y. A. Y. Ağ.: Yeşil aksam yaş ağırlığı, YA: Yeşil aksam

SONUÇ

Patlıcanda tuza toleransı yüksek anaçların belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada; görsel skala değeri bakımından çeşitlerin farklı puanlamalar aldığı dolayısıyla farklı tepkiler gösterdiği belirlenmiştir. Tuz stresi sonucunda yeşil aksam, kök yaş ve kuru ağırlıkları ile kök-gövde boyu, yaprak alanı gibi büyüme parametrelerinin olumsuz etkilendiği, çeşitlerin değişen oranlarda kayıplar ile karşı karşıya kaldığı görülmüştür.

Bunun yanı sıra bitkilerin klorofil miktarı, lipid peroksidasyonu düzeyi, iyon miktarları ve antioksidatif enzim aktivitelerinin de farklı değerler gösterdiği belirlenmiştir. Tuza iyi dayanım sergileyen çeşitlerde genel olarak SOD, CAT, GR ve APX enzimin aktiviteleri duyarlılara nazaran daha yüksek bulunmuş, ya da kontrole göre daha fazla artış göstermiştir. Ancak bu aktivitelerin ölçümünün tolerans seviyesini belirlemede tek başlarına yeterli olmayacakları kanaatine varılmıştır. Belirli bir amaca yönelik olarak seçim yapılırken, tartılı derecelendirme yönteminin hızlı ve pratik bir yöntem olarak kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Denemede yer alan ticari anaçlar arasında incelenen parametreler bakımından genel bir değerlendirme yapıldığında; Köksal F₁ başta olmak üzere, AGR-703 ve Yula F₁ anaçlık çeşitlerin tuza toleransının Vista-306'ya göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, daha geniş bir çeşit varyasyonu ile denemenin tekrarlanması, anaç/çeşit kombinasyonlarının tuza dayanım bakımından incelenmesi konusunda daha kapsamlı değerlendirmeler yapmak üzere çalışmalarımız devam etmektedir. Fide aşamasında olduğu gibi aşılı bitkilerde verime kadar olan süreçteki dayanım durumlarının ortaya konulması ve tuzlu koşullarda yüksek performans gösteren anaçların belirlenmesi, yetiştiriciler açısından öneme sahip konular arasındadır.

KAYNAKLAR

[1] 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.

[2] Shalata, A., Tal, M., 1998. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiol. Plant.*, 104: 169-174.

[3] Anonymous, 2013. Türkiye İstatistik Kurumu <http://tuikrapor.tuik.gov.tr/reports>

[4] Michelson, L.F., Lachman, W.H., Allen, D.D., 1958. The use of weighted-rankit method in variety trials. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 71, 334-338.

[5] Gebeyahou, G., Knott, G.D., Baker, J.V., 1982. Relationships among duration of vegetative and grain filling phases, yield components, and grain yield in Durum wheat cultivars. *Crop Science*, 22: 287-290.

[6] Barut, A. A., Yanmaz, R., Günay, A., 1992. Tartılı derecelendirme yöntemi ile kantaloip tipi kavunlarının seleksiyonu üzerinde bir araştırma. Türkiye I. Bahçe Bitkileri Kongresi, 13-16 Ekim, E.Ü. Ziraat Fakültesi, Tebliğler Cilt II, 297-300, Bornova-İzmir.

[7] Sönmez, K. 2014. Likopen, β -Karoten ve Morfolojik Özellikler Bakımından Yerel Sofralık Domateslerde Genotip X Çevre İnteraksiyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 169s, Ankara.

[8] Düzeltir, B., Yanmaz, R., 2004. Çekirdek kabağında (*Cucurbita pepo* L.) seleksiyon yoluyla ıslah, V. Sebze Tarımı Sempozyumu, 21-24 Eylül, 63-68, Çanakkale.

[9] Toprakkarıştırın, G., 1997. Çekirdek kabaklarında seleksiyon ıslahı: 1. döl kademesinin elde edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 34s, Ankara.

[10] Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1938. The water culture method for growing plants without soil. *Circ. Calif. Agr. Exp. Sta.*, 347-461.

[11] Yaşar, F., 2003. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidatif Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, Van, 138s.

[12] Daşgan, H.Y., Koç, S. 2009. Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters. *Journal of Food, Agriculture Environment*, 7(2): 363-372.

[13] Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 355s.

[14] Kaçar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 646 s.

[15] 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.

[16] Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J. 1996. NaCl-Induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.*, 78: 389-398.

[17] Çakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and highlight intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, 98: 1222-1226.

[18] Çakmak, I., Atlı, M., Kaya, R., Evliya, H., Marschner, H., 1994. Association of high light and zinc deficiency in cold-induced leaf chlorosis in grapefruit and mandarin trees. *Journal of Plant Physiology*, 146: 355-360.

[19] Freed, R., Einensmith, S.P., Guets, S., Reicosky, D., Smail, V.W., Wolberg, P., 1989. User's guide to MSTAT-C, an analysis of agronomic research experiment. Michigan State University, USA.

[20] Akinci, S., Akinci, I.E., 2004. Evaluation of red pepper spice (*Capsicum annum* L.) germplasm resource of Kahramanmaraş region (Turkey). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(5): 703-710.

[21] Ayfer, M., Çelik, M., 1977. Akça, Ankara ve Williams armut çeşitleri ile S.Ö. ayva anaçlarının uyumları üzerinde araştırmalar, TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi, TOAG Tebliğleri, Bahçe Bitkileri Seksiyonu, 111-112.

[22] Balkaya, A., Yanmaz, R., 2003. Bazı taze fasulye çeşit adayları ile ticari çeşitlerin morfolojik özellikler ve protein markörler yoluyla tanımlanmaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 9(2), 182-188.

[23] Serçe, S., Görgülü, Ö. 2009. Yapay bir veri seti ile tartılı derecelendirme yönteminin yeniden değerlendirilmesi. *Alatırım*, 8(2), 43-50.

[24] Daşgan, H.Y., Aktaş, H., Abak, K., Çakmak, İ. 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. *Plant Science*, 163: 695-703.

- [25] Sevengör, S., Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtıoğlu, S., 2011 . The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. African Journal of Agricultural Research, 6 (21): 4920-4924.
- [26] Sholi, N.J.Y., 2012. Effects of salt stress on seed germination, plant growth, photosynthesis and ion accumulations of four tomato cultivars. American Journal of Plant Physiology, 7(6): 269-275.
- [27] Jalali-Honarmand, S., Azari, N., Cheghamirza, K., Mansoorifar, S., 2014. Changes of seedling growth and ion uptake of chickpea genotypes under salt stress condition. J. Appl. Environ. Biol. Sci., 4(3): 266-272.
- [28] Adavi, Z., Mobil, M., Razmjoo, K., Landi, E., 2007. Effects of salinity of irrigation water on *Cynodon* spp. cultivars grown on salinity soil in Isfahan. J. Sci and Technol. Agric and Natur., 10: 4.
- [29] Kurum, R., Ulukapı, K., Aydınşakir, K., Onus, N.A., 2013. The influence of salinity on seedling growth of some pumpkin varieties used as rootstock. Not Bot Horti Agrobi, 41(1):219-225.
- [30] Khah, E.M., 2005. Effects of grafting on growth, performance and yield of aubergine in the field and greenhouse. J. Food Agric. Environ., 3: 92- 94.
- [31] Yin, C., Wang, X., Duan, B., Luo, J., Li, C., 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected water stress. Environmental and Experimental Botany, 53: 315-322.
- [32] Zhang, G., Zhang, L., Chen, B., Zhou, Z., 2013. Photosynthesis, ion accumulation, antioxidants activities and yield responses of different cotton genotypes to mixed salt stress. African Journal of Agricultural Sciences, 8(47): 6002-6011.
- [33] Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G.D., Yurtseven, E., Suarez, D.L., 2010. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. Irrig. and Drain., 59: 203–214.
- [34] Öztekin, G.B., Tüzel, Y., 2011. Salinity response of some tomato rootstocks at seedling stage. African Journal of Agricultural Research, 6(20): 4726-4735.
- [35] Munns, R., Termaat, A., 1986. Whole- plant responses to salinity. Aust. J. Plant Physiol., 13: 143-160.
- [36] Kautgen, A., Pawelzik, E., 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. Environmental and Experimental Botany, 65: 170–176.
- [37] Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., Abak, K., Yaşar, F., 2007. Bazı kavun (*Cucumis* sp.) genotiplerinin tuz stresine tepkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 13(4): 395-404.
- [38] Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 657-680.
- [39] Assaha, D.V.M., Ueda, A., 2013. Comparison of growth and mineral accumulation of two solanaceous species, *Solanum scabrum* Mill. (huckleberry) and *S. melongena* L. (eggplant), under salinity stress. Soil Science and Plant Nutrition, 59(6): 912-920.
- [40] Levitt, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol.II, 2nd Ed. Academic Press, New York, 607
- [41] Nengfeil, D., Qinglin, F., Chen, L., Yichen, L., Bin, G., Huifeng, S., 2010. Effects of exogenous calcium chloride on antioxidant enzymes activities and ions uptake of broccoli under salt stress. Chinese Agricultural Science Bulletin, 26 (3): 133-137.
- [42] Carjaval, M., Del Amor, F., Fernandez, G., Martinez, V., Cerda, A., 1998. Time course of solute accumulation and water relations in muskmelon plants exposed to salt during different growth. Plant Science, 138:103-112.
- [43] Turan, M.A., Elkarim, A.H.A., Taban, N., Taban, S., 2010. Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. African Journal of Agricultural Research, 5(7): 584-588.
- [44] Romero, L., Belakbir, A., Ragala, L., Ruiz, J.M., 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo* L.). Soil Sci. Plant Nutr., 43(4): 855-862.
- [45] Debouba, M., Gouia, H., Suzuki, A., Ghorbel, M.H., 2006. NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato "*Lycopersicon esculentum*" seedling. Journal of Plant Physiology, 163: 1247-1258.
- [46] Alian, A., Altman, A., Heuer, B., 2000. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. Plant Science, 152: 59-65.
- [47] Quian, Y.L., Engelke, M.C., Foster, M.J.V., 2000. Salinity effects on zoysiagrass cultivars and experimental lines. Crop Sci., 40: 488-492.
- [48] Navarro, J.M., Martinez, V., Carvajal, M., 2000. Ammonium bicarbonate and calcium effects on tomato plants grown under saline conditions. Plant Sci., 157: 89–96.
- [49] Kaya, C., Ak, B.E., Higgs, D., Murillo-Amador, B., 2002. Influence of foliar applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt stress conditions. Aust J Exp Agric., 42: 631–636.
- [50] Kaya, C., Sönmez, O., Aydemir, S., Dikilitaş, M., 2013. Mitigation effects of glycinebetaine on oxidative stress and some key growth parameters of maize exposed to salt stress. Turk J Agric Forestry, 37: 188-194
- [51] Kuşvuran, Ş., 2004. Kavunda (*Cucumis melo* L.) Tuz Stresine Toleransın Belirlenmesinde Antioksidant Enzim Aktivitesi ve Lipid Peroksidasyonundan Yararlanma Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [52] Tıprıdamaz, R., Ellialtıoğlu, Ş., 1994. Domates genotiplerinde tuza dayanıklılığın belirlenmesinde değişik tekniklerin kullanımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1358, Bilimsel Ar. ve İnc., 752, 21s.
- [53] Demir, S., Ellialtıoğlu, Ş., Yaşar, F., Kuşvuran, Ş., Yücer, M., Türközü, D., 2012. Tuz stresi uygulanmış yerli kavun aksesyonlarına ait fidelerde iyon dağılımının incelenmesi. Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(2):30-45.
- [54] Sivritepe, N., 1995. Asmalarda Tuza Dayanıklılık Testleri ve Tuza Dayanımda Etkili Bazı Faktörler Üzerinde Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bursa, 176s.
- [55] Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Handa, A.V., 1986. Cellular mechanisms of salinity tolerance. Hort. Sci., 21:1317-1324.
- [57] Shalata, A., Mittova, V., Volokite M., Guy, M., Tal, M., 2001. Response of cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennelli* to salt dependent oxidative stress: The root antioxidative system. Physiologia Plantarum, 112: 487- 494.
- [56] Zhang, H.X., Kirkham, M.B., 1996. Lipid peroxidation in sorghum and sunflower seedlings as

affected by ascorbic acid, benzoic acid, and propyl gallate. J. Plant Physiol., 149: 489-493.

[58] Karanlık, S., 2001. Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması. Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, Adana.

[59] Aktaş, H., 2002. Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Adana, 105 s.

[60] Aktaş, H., Abak, K., Eker, S., 2012. Anti-oxidative responses of salt-tolerant and salt-sensitive pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes grown under salt stress. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 87 (4): 360-366.

[61] 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.

[62] Saha, P., Chatterjee, P., Biswas, A.K., 2010. NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defence system and osmolyte accumulation in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Indian Journal of Experimental Biology (New Delhi) (Published online) 48:593-600.

[63] Dionisio-Sese, M. L., Tobita, S., 1998. Antioxidant responses of rice seedling to salinity stress. Journal of Plant Science, 135: 1-9.

[64] Kaymakanova, M., Lyubenova, L., Schröder, P., Stoeva, N., 2010. Salt stress and glutathione-dependent enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). General and Applied Plant Physiology, 36 (1-2): 55-59.

[65] Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., Polat, Z., 2013. Applications of salt and drought stress on the antioxidative enzyme activities and malondialdehyde content in callus tissues of pumpkin genotypes. Journal of Food, Agriculture & Environment, 11 (2):496-500.