

*Fikret YAŞAR

Orcid No: 0000-0001-6598-8580

**Ömihan YILDIRIM

Orcid No: 0000-0002-7159-8383

***Özlem ÜZAL

Orcid No: 0000-0002-1538-820X

*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri
Bölümü (Sorumlu yazar)

fyasar@yyu.edu.tr

**Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen
Bilimleri Enstitüsü

*** Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri
Bölümü

DOI

<https://doi.org/10.46291/ISPECJASv.04iss2pp211-222>

Geliş Tarihi: 10/04/2020

Kabul Tarihi: 31/05/2020

Anahtar Kelimeler

Antioksidant enzim aktiviteleri, toplam bitki ağırlığı, biber (*Capsicum annum*), kalsiyum, NaCl, tuz stresi,

Keywords

Antioxidant enzyme activities, total plant weight, pepper (*Capsicum annum*), calcium, NaCl, salt stress

Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisindeki Kalsiyum Uygulamalarının Antioksidatif Enzim Aktivitelerine Etkisinin Araştırılması

Özet

Demre sivri biber çeşidinin kullanıldığı çalışmada, tuz stresi altındaki biber bitkisine farklı dozlarda uygulanan kalsiyumun (Ca) bitki gelişimi ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma kontrollü şartlardaki 16/8 saatlik aydınlık/ karanlık fotoperiyotta, 25 °C de ve %70 nemli iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada toplam bitki ağırlığı ile bitkilerin tuza dayanım skalaları belirlenmiştir. Stres altındaki bitkilerde meydana gelen biyokimyasal değişiklikleri belirlemek amacıyla bitki yapraklarındaki antioksidant enzim aktiviteleri (Katalaz (CAT), Askorbat peroksidaz (APX), Süperoksit dismutaz (SOD)) belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki bitkilere uygulanan kalsiyumun dozu arttıkça bitkilerin toplam ağırlıklarında artış olmuştur. Bu sonuçlara paralel olarak, bitkiler strese girmedikleri için ya da çok az stres oluştuğu için her üç enzim aktivitesinde Ca doz artışına bağlı olarak düşüşler olmuştur. Tuz stresi altındaki biber fidelerine artan dozlarda Ca uygulamalarının tuzun olumsuz etkisini azaltmada kısmen de olsa etkili olduğu yapılan ölçüm ve analizler sonucunda söylenebilir.

Investigation of the Effect of Calcium Applications on Antioxidative Enzyme Activities in Pepper Plant Under Salt Stress

Abstract

In the study using the Demre pointed pepper variety, the effects of calcium (Ca) applied to pepper plant under salt stress on plant development and antioxidant enzyme activities were investigated. The study was carried out in a 16/8 hour light / dark photoperiod under controlled conditions, at 25 °C and in a 70% humidity climate room. In the study, the total plant weight and salt resistance scales of the plants were determined. Antioxidant enzyme activities (Catalase (CAT), Ascorbate peroxidase (APX), Superoxide dismutase (SOD)) were determined in plant leaves in order to determine the biochemical changes occurring in plants under stress. As the dose of calcium applied to plants under salt stress increased, the total weight of the plants increased. In parallel with these results, there were decreases in all three enzyme activities due to Ca dose increase, since the plants did not get stressed or there was very little stress. It can be said as a result of the measurements and analyzes that Ca applications in increasing doses to pepper seedlings under salt stress are partially effective in reducing the negative effect of salt.

GİRİŞ

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 (Ashraf, 2004). Yüksek tuz konsantrasyonlarında iyon birikimi ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle toplam klorofil miktarında azalmalar meydana gelmekte, bunun sonucu olarak fotosentez etkinliği azalarak bitkinin gelişiminde olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır (Dasgan ve Koç, 2009; Kuşvuran ve ark., 2007; Yaşar, 2003). Bitki uzun süre tuzluluk stresi altında kaldığında, yaşlı yapraklarda iyon toksisitesi ve su noksanlığı, genç yapraklarda ise karbonhidrat noksanlığı ve buna bağlı belirtilerin ortaya çıktığı kaydedilmektedir (Franco ve ark., 1993; Greenway ve Munns, 1980; Sivritepe 1995; Tıpırdamaz ve Ellialtıoğlu, 1998). Günes ve ark., (1996), tuz stresi uyguladıkları biber bitkilerinde tuzluluğun kuru madde ağırlığında azalmaya neden olduğunu, büyüme ve gelişmenin engellendiğini bildirmişlerdir.

Stres altındaki bitki türlerinde antioksidant enzim aktivitesindeki artış ile oksidatif stres zararındaki azalma arasında önemli bir korelasyonun bulunduğu bilinmektedir (Yaşar ve ark., 2006b; Yıldız ve ark., 2010). Daha önceden çok farklı araştırmacılar tarafından farklı bitkilerle yapılan çalışmalarda bitkilere stres uygulandığında türün ve çeşidin genetik yapısına bağlı olarak antioksidant enzim aktivitelerinde artışların olduğu görülmüştür (Türkan ve ark. 2005; Yaşar 2003; Yasar ve ark. 2008a,b; Yasar ve ark., 2016). Ayrıca Yaşar (2003), çeşitli patlıcan genotiplerinin tuza dayanım durumlarını belirlediği çalışmada tuza tolerant genotiplerin enzim aktivitelerinin yüksek olduğunu tuza hassas olan genotiplerin ise enzim aktivitelerinin düşük olduğunu belirtmiştir. Yapılan bu çalışmada, tuz stresi altındaki biber bitkisinde kalsiyum (Ca) uygulamalarının bitki gelişimi ve antioksidant enzim aktiviteleri (CAT, APX ve SOD) üzerine etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada, Demre sivri biber çeşidi kullanılmıştır. Deneme, normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında ve su kültüründe yürütülmüştür. Denemede normal atmosferin sağlanmasındaki temel amaç tuz stresinin etkilerinin normal

şartlarda olduğu gibi oluşmasını sağlamaktır. Çalışmada öncelikle biber tohumları, elekten geçirilen pomza ile doldurulmuş 40x25x5 cm boyutlarındaki plastik çimlendirme kaplarına 150'şer adet tohum ekilerek sonra çeşme suyu ile sulanma yapılmıştır. Normal sulama suyu veya biberin yetiştiği ortamdaki suların iç ortamda sulama amacıyla kullanılması mümkün olmadığı için bu sulama yöntemine başvurulmuştur. Çimlendirme kaplarının alt yüzeyi 0.5 cm çapında toplam 9 adet deliğe sahip olup, sulama suyunun bitkiler tarafından drene edilmesi sağlanmıştır. Pomza iyice ıslandıktan ve sulama suyunun fazlası süzöldükten sonra çimlendirme kapları, 25±2°C sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilerek, üzerleri A4 kâğıdıyla örtülüp kaplar düzenli olarak kontrol edilerek ve ıslatılan pomza kurumayacak şekilde azar azar çeşme suyu ile sulanmaya devam edilmiştir. Kotiledon yaprakları yatay duruma gelen ve ilk gerçek yaprakları (3-4) görölmeye başlayan fidelerin daha iyi gelişmeleri için sulamaları Hoagland besin çözeltisiyle yapılmaya başlanmıştır. (Hoagland ve Arnon, 1938). Pomza ortamında 2. gerçek yaprakları da oluşan fideler, içinde Hoagland besin çözeltisi doldurulmuş 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik küvetlerde su

kültürüne alınmıştır. Özel olarak hazırlanmış ve her fide için üzerine delikler açılmış plastik tablalara biber fideleri küçük sünger parçaları ile sarılmak suretiyle yerleştirilmiştir. Bitki kökleri besin çözeltisinde olacak şekilde tablalar küvetlerin üzerine konulmuştur. Havalandırma işlemi, akvaryum pompasına bağlı bulunan ince plastik hortumların besin çözeltisi içerisine daldırılması yoluyla yapılmıştır. Fideler iki hafta süreyle su kültüründe büyütülmesi ile ve 4-5 gerçek yaprağa sahip olan fidelere tuz uygulamasına başlanmıştır. Deneme tam şansa bağlı deneme desenine göre, üç tekerrürlü ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Tuz uygulanacak fideler için besin çözeltisine (1/2 Hoagland) 75mM tuz konsantrasyonunu sağlanmasıyla NaCl ilave edilmiştir. Her hafta yinelenen çözeltilerin tazelenmesi aşamasında, tuz uygulamalarının aynı konsantrasyon da devamı sağlanmıştır. Biber fidelerine tuzla birlikte (NaCl) 5 farklı dozda (150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm) Ca ilave edilmiştir. Sonuç olarak kontrol, tuz+Ca (150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm) olmak üzere 6 farklı uygulama yapılmıştır. Besin çözeltisindeki tüm besin elementlerin ppm değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan besin solüsyonu içerikleri (ppm)

Elementler	Uyg. 1 Kontrol (ppm)	Uyg.2 Ca1+Tuz (ppm)	Uyg.3 Ca2+Tuz (ppm)	Uyg.4 Ca3+Tuz (ppm)	Uyg.5 Ca4+Tuz (ppm)	Uyg.6 Ca5 +Tuz (ppm)
Azot (N)	186	186	186	186	186	186
Fosfor(P)	31	31	31	31	31	31
Potasyum(K)	167	167	167	167	167	167
Magnezyum(Mg)	49,28	49,28	49,28	49,28	49,28	49,28
Kalsiyum(Ca)	200	150	200	250	300	350
Kükürt(S)	66	66	66	66	66	66
Demir(Fe)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Mangan(Mn)	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
Bor(B)	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
Bakır(Cu)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Çinko(Zn)	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

Kullanılan besin solüsyonu (Hoagland ve Arnon, 1938).’e göre hazırlanmıştır. Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi, tuz uygulamasından hemen önce (0.gün) ve tuz uygulamasının 20. gününde olmak üzere iki defada yapılmıştır. Alınan bu örneklerde, toplam bitki ağırlığı (g), tuza dayanım skalası ile bazı biyokimyasal parametreler den antioksidatif enzim aktiviteleri (Katalaz, Askorbat Peroksidaz, Süperoksit dismutaz) belirlenmiştir. Toplam bitki ağırlığının belirlenmesi üç tekerrürlü olarak 1/10.000 lik hassas dijital terazi ile tartılmıştır.

1-5 Skalası ile Değerlendirme

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek amacıyla bir skala oluşturulmuştur. Bunun için zararlanma derecesine göre bitkilere 1-5 arasında puan verilmiştir. Tuz stresi denemesinde biber bitkilerine aşağıda

belirtilen semptomlara göre 1’den 5’e kadar puan verilmiştir (Üzal, 2009). 1.Bitkilerin tuz stresinden hiç etkilenmemesi (kontrol bitkileri) 2.Yapraklarda lokal sararma ve kıvrılma 3.Yapraklarda sararma ve % 25 oranında nekrotik lekelenmeler 4.Yapraklarda % 50-75 oranında nekrotik leke göstermesi ve ölümlerin görülmesi 5.Yapraklarda % 75-100 oranında şiddetli nekrozlar ve bitkinin tamamen ölmesi

Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri

Tuz, stresi altındaki bitkilerde meydana gelebilecek enzim aktivitelerindeki değişimi incelemek için yaklaşık 1 gr taze yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra, içinde 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM, 10 ml. lik fosfat tampon çözeltisi (pH:7.6) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk süresince 15000 g’da santrifüj edildikten sonra elde edilen santrifüjantlar enzim

analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapıncaya kadar +4°C sıcaklıkta tutulması amacıyla kar içinde tutulmuştur. Ölçümler spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir.

Superoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında O₂⁻ tarafından indirgenmesi yöntemine göre, askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, 290 nm'de (E=2.8 mM cm⁻¹) askorbatın oksidasyonu, katalaz aktivitesi (CAT), H₂O₂ nin 240 nm'de (E=39.4mM cm⁻¹) parçalanma oranı esas alınarak yapılmıştır (Çakmak ve Marschner,1992; Çakmak,1994).

Değerlendirmelerin yapılması

Deneme tam şansa bağlı tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olup her

tekerrürde 15 bitki olarak kurulmuştur. Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi için Statgraphics istatistik analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi (P<0.05)'e göre yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Antioksidant enzim aktiviteleri ve toplam bitki ağırlığı

Tuz uygulaması ile birlikte farklı dozlarda Ca⁺ uygulanan biber bitkilerinde toplam bitki ağırlığı ile katalaz, askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin aktivitelerine bakılmış ve elde edilen veriler Çizelge 2' te verilmiştir.

Çizelge 2. Her bir uygulamalardan alınan bitkilerin yaprağındaki Katalaz (CAT), Askorbat peroksidaz (APX), Süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri (SOD) (mol/min/mg T.A.) ve toplam bitki ağırlığı (g)

UYGULAMA	CAT	APX	SOD	Top. Bit.ağ. (g)
Kontrol	82,61 E	23,5 E	45,33 F	17,664 A
Ca 1+ Tuz	1350,53 A	56,45 A	119,0 A	7,096 E
Ca 2+Tuz	1076,25 B	39,89 B	94,66 B	8,402 D
Ca 3+Tuz	863,50 C	30,59 C	87,33 C	12,206 C
Ca 4+Tuz	811,04 C	27,62 D	71,33 D	14,117 B
Ca 5+Tuz	637,56 D	26,89 D	58,33 E	12,081 C
P Değeri	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0000

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark p≤0.05'e göre önemsizdir.

Toplam bitki ağırlığı bakımından en yüksek değer kontrol (17.664) grubunda ölçülürken, kontrol grubuna en yakın değer ise Ca 4+Tuz (14.117) uygulamasında

ölçülmüştür. En düşük değer ise Ca 1+Tuz (7.096) uygulamasında belirlenmiştir. Ca 3 + Tuz ve Ca 5 +Tuz ise istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bitki ağırlığı

bakımından tuz uygulamaları arasında genel olarak farklılıklar görülmüştür. Uygulaması sonrası 20. günde tuz uygulanan bitkilerin katalaz enzimi aktivitesinde kontrol bitkilerine göre önemli değişimler saptanmıştır. Kontrol grubuna kıyasla tüm uygulamalarda katalaz enzimi aktivitesi artış göstermiştir. En yüksek CAT değeri Ca 1+Tuz uygulamasında ölçülürken en düşük değer ise Ca 5+Tuz uygulamasında ölçülmüştür. Kalsiyum dozu arttıkça CAT aktivitesinin azaldığı görülmüştür. Askorbat peroksidaz enzimi aktivitesi bakımından uygulamalar incelendiğinde kontrole göre tuz uygulamalarının tümünde yükselişlerin olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna kıyasla en yüksek APX aktivite değeri Ca 1+ Tuz uygulamasında ölçülürken, en

düşük değer ise Ca 5+Tuz uygulamasında ölçülmüştür. Kalsiyum dozu arttıkça APX aktivitesinin azaldığı görülmüştür. Süperoksit dismutaz enzimi incelendiğinde kontrole göre tuz uygulamalarının tümünde yükselişlerin olduğu görülmektedir. Süperoksit dismutaz enzimi en yüksek değer Ca 1+Tuz uygulamasında ölçülürken, en düşük değer ise Ca 5+Tuz uygulamasında ölçülmüştür. Kalsiyum dozu arttıkça SOD aktivitesinin azaldığı görülmüştür.

Yapraklardaki semptomlara göre skala değerleri

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koymak amacıyla yapılan skala oluşturma yönteminde belirtildiği şekilde fidelere 1 ile 5 arası puan verilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yapraklardaki semptomlara göre tuza dayanım skalası (puan)

Uygulama	Skala Değerleri
Kontrol	1
Ca 1+ Tuz	4,5
Ca 2+ Tuz	3
Ca 3+ Tuz	2,5
Ca 4+Tuz	1,5
Ca 5+Tuz	2

Puanlaması yüksek olan skala değerleri, tuzdan en çok etkilenen uygulamadır. Skala değerlerine bakıldığında tuzdan en az etkilenen bitkilerin Ca 4+Tuz

uygulamasında olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla Ca 5+Tuz, Ca 3+ Tuz ve Ca 2+Tuz uygulamaları izlemektedir. Morfolojik olarak en fazla zararlanma

gören uygulama ise Ca 1+Tuz uygulamasıdır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Tuz stresi altında bulunan Demre biber bitkisine kalsiyumun (Ca⁺²) morfolojik ve biyokimyasal etkileri araştırılan çalışmada, tuz uygulaması ile birlikte demre biber bitkisine farklı dozlarda kalsiyum uygulanarak, tuza olan toleransı etkileyip etkilemediği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda alınan örneklerde toplam bitki ağırlığı ile antioksidatif enzim aktivitelerine bakılmıştır. 75 mM NaCl tuz uygulanmış biber bitkilerine farklı dozlarda Ca elementi içeren besin solüsyonu verilmiştir. Stres uygulamasının 20. gününde biber bitkilerinin toplam bitki ağırlığı Ca uygulamalarının 1. ve 2. dozlarında kontrole göre en fazla azalış gösteren uygulamalar olmuştur. Ancak doz arttıkça değerler kontrole yaklaşmış fakat, kalsiyumun 5. dozunda tekrar düşmeye başlamıştır. Yaşar (2003) ve Yaşar ve ark. (2006, 2007, 2008, 2013, 2016) farklı türler ile yapmış oldukları tuzluluk stres çalışmalarında bitki büyüme parametrelerinde benzer sonuçların olduğunu belirterek, özellikle toplam bitki ağırlıklarının tuz stresine karşı tepkiyi belirlemede önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek konsantrasyonda

tuz uygulanan bitkilerde kalsiyum alımını ve taşınışını azaltmakta, dolayısıyla kalsiyum yetersizliğine ve bitkide iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Cramer ve ark., 1986; Huang ve Redmann, 1995). Bu sebepten dolayı bitkide kalsiyum eksikliği meydana gelir ve bitki yapraklarında şekil bozukluğu, hareket kabiliyeti azlığı, yaprak alanının küçük kalması, yeni gelişen yaprakların çirkin şekillerde kıvrık olmaları, normal gelişimlerini sürdürememeleri gibi belirtiler meydana gelmektedir (Anonim, 2020). Kalsiyum, tuz stresinde bitki açısından olumlu etkiye sahip bir element olmasından dolayı, yüksek dozda dışsal kalsiyum uygulaması, hücre zarının Na⁺ iyonuna karşı geçirgenliğini azaltarak, sodyumun pasif alımla hücre içinde ve bitkide birikmesini önlediğinden ve iyon dengesini sağladığından (Hoffman ve ark., 1989; Whittington ve Smith, 1992), dolayısıyla, kalsiyumun tuz stresine karşı bitkileri koruduğunu ve bu sebeptendir ki bitkilerin tuz stresinden daha az etkilendiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar göstermiştir ki, tuzlu ortamlarda bitkilerin iyon dengesindeki bozulmadan dolayı, bitkilerin solunumundaki yavaşlamalara bağlı olarak, büyüme ve gelişmeleri azalmaktadır.

Solunum sisteminde bozulmaların olması, tüm metabolik sistemi etkileyerek özellikle bitkinin fotosentez sisteminde yavaşlama ve dolayısıyla asimilat oluşumunda azalma meydana gelerek bitki büyüme ve gelişmesinde azalma meydana gelmektedir (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985; Yasar 2003; Yasar, 2007). Çalışmamızda, incelediğimiz tüm büyüme ve biyokimyasal parametrelerin kontrolünü sağlamak bakımından morfolojik bir gözlem olan skala değerlendirmesinde tuz uygulanarak yaptığımız çalışmada bitkilerde ortaya çıkan zararlanma derecelerine göre en fazla zarar gören bitkiler kalsiyumun 1. dozunda görülmüştür. Sırasıyla 2. 3. ve 5. dozlarında görülmüştür. En az zarar ise 4. dozda olmuştur. Bitkilerin tuzdan zararlanma derecelerine göre oluşturulan skala ile değerlendirilmesi, tuz zararının morfolojik belirtileri ve bunların derecelendirilmesi olarak gösterilmiş ve incelenen diğer parametrelerle karşılaştırması yapılarak çalışmada yapılan biyokimyasal analizlerin doğruluğu test edilmiştir. Aktaş (2002) biberde, Yaşar (2003) patlıcanda, Öztaş (2018), biberde yapmış oldukları çalışmalarda oluşturdukları skaladan yararlanmışlardır. Bu araştırmacıların her ikisi de skala değerinin toplam bitki ağırlıkları ile çok yüksek korelatif ilişki içinde

olduğunu belirtmişlerdir. Tuz stresi altındaki biber bitkilerinin besin ortamlarına farklı dozlarda kalsiyum uygulanarak yetiştirilen bitkilerin yapraklarındaki CAT, APX ve SOD enzim aktiviteleri incelenmiş, her üçünde de uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılıkların olduğu görülmüştür. Her üç enzim aktivitesi kontrole göre tuz stresinde artış olmuş, ancak Ca dozları arttıkça enzim aktiviteleri düşmeye başlamış ve doz artışına göre kontrole yaklaşmıştır. Diğer incelenen parametrelerden de anlaşılacağı gibi Ca dozu arttıkça bitkinin iyon dengesi sağlanmış ve bitkinin strese girmesini engellemiştir. Bu durumda bitkilerin enzim aktivitelerini yükseltme gereği duymadıklarını göstermiştir. Bugüne kadar pek çok araştırmacı farklı tür ve çeşitlerle yapmış oldukları tuz stres çalışmasında genelde stres altındaki bitkilerin antioksidant enzim aktiviteleri çeşidin genetik yapısına bağlı olarak özellikle toleranslı çeşitlerde yükselme olduğu görülür. Bitkilerin tuzdan zararlanmamasının en önemli nedenini antioksidatif enzimlerin aktive olmasıyla bitki hücrelerini, oluşan radikal oksijen türevlerinin zararlı etkisinden korumalarından kaynaklı olduğunu savunmuşlardır (Gosset ve ark. 1994;

Hernandez ve ark. 1995; Shalata ve Tal 1998; Sreenivasulu ve ark. 2000; Yaşar 2003; Yaşar ve ark 2006, 2007, 2008, 2014, 2016). Tuz stresi etkisinde büyüme ve gelişme, fotosentez, protein sentezi, enerji ve lipid metabolizması etkilenir. Esas anlamda tuz stresine ilk cevap yaprak yüzey alanının büyümesinde azalma şeklinde kendini gösterir (Üzal, 2009). Hücre büyümesi için gerekli olan karbonhidratlar fotosentez esnasında sağlanır. Fotosentez metabolizması bitki tuz stresi (özellikle NaCl stresi) altında iken genelde olumsuz olarak etkilenmektedir. Bitkiler tuz stresinin üstesinden gelmek için değişik moleküler ve biyokimyasal mekanizmalar geliştirmiştir. Bu mekanizmalar kabul etmeme, kökler tarafından iyon alınımının kontrolü ve yapraklara taşınması, hücresel ve tüm bitki düzeyinde iyonların belli bölgelerde tutulması, uyumlu bileşiklerin sentezi, fotosentetik yolda değişme, membran yapısında değişme, antioksidan enzimlerin indüklenmesini ve bitki hormonlarının indüksiyonunu içerir (Bohnert, 1998; Sharma, 1990; Parida ve Das, 2005; Yaşar, 2003). Ancak, bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz antioksidan enzim aktiviteleri sonuçları ile toplam bitki yaş ağırlıklarının sonuçlarını bir bütün olarak değerlendirdiğimizde, kalsiyumun

bitkileri tuzun toksik etkisinden koruduğunu ve bitkiler strese girmediklerinden ya da çok az girdiklerinden dolayı antioksidan enzimlerin aktivitelerinde düşüşlerin olduğunu söyleyebiliriz. Sonuç olarak, Ca metabolik aktiviteyi kontrol altında tutabilmek için bitki büyümesini sınırlandırarak bitkiyi kontrol edebilecek seviyede tutmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu makale Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından (Proje no: FYL-2018-6578) desteklenmiştir. Destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Aktaş, H. 2002. Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı (doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana: 105s.

Anonim,2020.www.Tuik.Gov.Tr/Prelst-artistiktablo.Do?İstab_İd:1445. Erişim Tarihi: 15.05.2020

Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 199(5): 361-376.

Bohnert, H. J., Sheveleva, E. 1998. Plant stress adaptations making metabolism move. *Current Opinion in Plant Biology*, 1(3): 267-274.

Cramer, G. R., Läuchli, A. Epstein, E., 1986. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. *Plant Physiology*, 81(3): 792-797.

Çakırlar, H., Topçuoğlu, Ş. F. 1985. Stres terminolojisi. *Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyum*, 7: 13-17.

Cakmak, I., Marschner, H. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, 98(4): 1222-1227.

Cakmak, I. 1994. Activity of ascorbate-dependent H₂O₂ scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium and potassium deficient leaves, but not in phosphorus deficient leaves. *Journal of Experimental Botany*, 45(9): 1259-1266.

Dasgan, 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.

Franco, J. A., Esteban, C., Rodriguez, C. 1993. Effects of salinity on various growth

stages of muskmelon cv. revigal. *Journal of Horticultural Science*, 68(6): 899-904.

Gossett, D. R., Millollon, E.P., Lucas, M.C., 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Science*, 34(3): 706-714.

Günes, A., Inal, A., Alpaslan, M. 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, 19(2):389-396.

Greenway, H., Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31(1): 149-190.

Hernández, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., del Río, L.A. 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplast of pea plants. *Plant Science*, 105(2):151-167.

Hoagland, D.R., Arnon, D.I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. *Circular. California Agricultural Experiment Station*, 1: 347-461.

Hoffmann, R., Tufariello, J., Bisson, M. A. 1989. Effect of divalent cations on Na⁺ permeability of *Chara corallina* and freshwater grown *Chara buckellii*. *Journal of Experimental Botany*, 40(8): 875-881.

Huang, J., Redmann, R. E. 1995. Solute adjustment to salinity and calcium supply in

cultivated and wild barley. *Journal of Plant Nutrition*, 18(7): 1371-1389.

Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., Abak, K., Yaşar, F., 2007. Responses of some melon (*Cucumis Sp.*) genotypes to salt stress. *Journal of Agricultural Sciences (Turkey)*.

Öztaş, Ö. 2018. Tuz stresi altındaki biber bitkisine potasyum uygulamalarının etkisinin araştırılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Parida, A.K., Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3): 324-349.

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*. *Physiology Plant*, 104(2): 169-174.

Sharma, S. K. 1990. Effect of salinity on internal distribution of Na, K and Cl and the mechanism of salt injury in chickpea. *Plant Physiology and Biochemistry*, 17(1): 41-47.

Sivritepe, N., 1995. Asmalarda tuza dayanıklılık testleri ve tuza dayanımda etkili bazı faktörler üzerinde araştırmalar. Unpublished Phd Dissertation), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa/Türkiye: 176.

Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W. 2000. Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedlings of foxtail millet (*Setaria italica*). *Physiologia Plantarum*, 109(4): 435-442.

Tipirdamaz, R., Ellialtıoğlu, Ç. 1998. Some physiological and biochemical changes in *Solanum melongena* L. genotypes grown under salt conditions. In *Progress in Botanical Research* (Pp. 377-380). Springer, Dordrecht.

Türkan, I., 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 mediated water stress. *Plant Science*, 168(1): 223-231.

Üzal, Ö. 2009. Tuz stresi altında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinde jasmonik asitin bitki gelişimi ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkisi. (doktora tezi, basılmamış). Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.

Yasar, F. 2007. Effects of salt stress on ion and lipidperoxidation content in green beans genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, 19(2): 1165.

Yasar, F., Ellialtıoğlu S., Yıldız, K. 2008. Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and

chlorophyll content in green bean, Russian Journal of Plant Physiology, 55: 782-786.

Yasar, F., Uzal, O., Tufenkci, S., Yildiz, K. 2006a. Ion accumulation in different organs of green bean genotypes grown under salt stres. European Journal of Horticultural Science, 71: 169-172.

Yaşar, F., Üzal, Ö., Yaşar, Ö. 2016. Antioxidant enzyme activities and lipidperoxidation amount of Pea varieties (*Pisum Sativum* Sp. Aevense L.) under salt stress. Fresenius Environmental Bulletin, 25(1): 37-42.

Yaşar, F. 2003. Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktivitelerinin invitro ve in vivo olarak incelenmesi. (doktora tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Yaşar, F., Ellialtıoğlu Ş., Ozpay, T., Üzal Ö. 2007b. Karpuz (*Citrillus lanatus*) genotiplerinde, tuz stresinden kaynaklanan oksidatif zararlanmanın zamana göredeğişimi ve skala ile ilişkisinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12: 59-64.

Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtıoğlu, S. 2006b. Determination of anti-oxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 81(4): 627-630.

Yasar, F., Uzal, O., Yasar, O. 2013. Identification of Ion Accumulation and Distribution Mechanisms in Watermelon Seedlings (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) Grown under Salt Stress. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 23(3), 209-214.

Yıldız, M., Terzi, H., Cenkeđi, S., Terzi, E.S.A., Uruşak, B., 2010. Bitkilerde tuzluluğa toleransın fizyolojik ve biyokimyasal markörleri. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi - C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji, 1(1):1-33.