

Kuraklık Stresinin Urfa Biberinde İyon Klorofil ve Enzim İçerikleri Üzerine Etkisi**

İlyas YABAN¹

Turgay KABAY^{2,*}

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, VAN

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): tkabay@yyu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 09.09.2018

Kabul tarihi (Accepted): 26.02.2019

DOI : 10.21657/topraksu.544650

Öz

Urfa biberi farklı tüketim şekilleri ile ülkemiz için önemli iç tüketim ve ihraç ürünüdür. Ancak son yıllarda kuraklık nedeniyle Urfa biberinde verim ve kalite de azalma olmaktadır. Bu çalışmada, kuraklık stresindeki Urfa biberinin K, Ca, Mg, Klorofil içerikleri ile CAT, SOD ve APX aktivitelerinin kuraklık stresinden nasıl etkilendiğini tespit etmek amaçlanmıştır. Çalışmada Şanlıurfa bölgesinde Gölpınar, Hilvan, Osmanbey genotipleri ile İnan 3363 standart biber çeşitleri kullanılmıştır. Biber tohumları, 1 litre hacminde toprak içeren plastik saksılara ve her saksıya iki adet tohum olacak şekilde ekilmiştir. Gerçek yapraklar çıktıktan sonra her saksıda bir bitki bırakılmıştır. Bitkiler 30 günlük fide durumundayken kuraklık uygulaması olan bitkilerde sulama kesilmiş ve 19 gün su verilmemiştir. Kontrol bitkilerinde ise ihtiyaca göre sulamaya devam edilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü iklim odasının ortalama sıcaklık değeri gündüz 23 °C ve gece 18 °C, ışık şiddeti ise ortalama 8000 lüks olarak ölçülmüştür. Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak dizayn edilen çalışma sonucunda Gölpınar ve Hilvan genotipleri kuraklık stresine toleranslı çıkarken, İnan 3363 biber çeşidinin ise hassas olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enzim, iyon, klorofil, kuraklık, Urfa biberi

*Yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Effect of Drought Stress on Enzyme Chlorophyll and Ion Contents in Urfa Peppers

Abstract

Urfa pepper which is different consumption pattern is a consumption and export product for our country. However, due to the drought in recent years, the yield and quality of Urfa pepper have decreased. In this study, it was aimed to determine the K, Ca, Mg, chlorophyll contents and the changes in CAT, SOD and APX activities of Urfa pepper under drought stress. Gölpınar, Hilvan, Osmanbey genotypes used in Şanlıurfa region and İnan 3363 standard pepper varieties were used in the study. Pepper seeds were planted in plastic pots containing 1 liter of soil and two seeds were planted in each pot. After the cotyledon leaves emergence, one plant was left in every pot. When plants were 30 days old seedlings, irrigation was stopped and no water was given for 19 days to drought application plants. The irrigation were continued according to their needs in control plant. The average temperature of climate room in which the study was conducted was measured as 23 °C in day time, 18 °C in night time and the light intensity was measured as 8000 lux. At the end of study which dsayned according to the randomized experimental design, it was determined that Gölpınar and Hilvan genotypes were tolerant to drought stress, while pepper varieties of İnan 3363 were sensitive.

Key words: Enzyme, ion, chlorophyll, drought, Urfa pepper.

GİRİŞ

Kuraklık gibi abiyotik stresler bitkisel üretimde verim kaybının başlıca nedenleridir. Kurak koşulların, hücrelerin bölünmesini ve büyümesini azaltıcı etkisi sonucunda bitki gelişiminin azalmasına ve ayrıca kuraklık sırasında büyüme için bir itici güç olan turgor basıncının azalmasına ve transpirasyonun olumsuz etkilenmesine, mineral madde alımının gerilemesine ve büyüme hızının düşmesine neden olabileceği vurgulanmıştır (Kabay vd. 2018a; Kabay 2019). Bu nedenle kuraklık, tarımsal üretim için en önemli sınırlayıcı faktörler arasında yer almaktadır (Liu ve Stützel, 2004; Özfıdaner vd., 2018). Abiyotik streslerde reaktif oksijen türlerinin (ROS), bitkilerde strese karşı toleransın artırılmasında önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Kabay 2018a; Kabay 2018b). Kuraklık stresi bitkilerde enzim aktivitesi ve enzim miktarı üzerine de önemli bir etki yapar. Ayrıca absisik asit miktarı yapraklarda 40 kat artış gösterirken, kökte dahil olmak üzere diğer organlarda bu artış daha azdır. Absisik asit stomaların kapanmasına neden olarak suyun transpirasyonunu engeller. Bitkinin üst organlarındaki gelişmeyi azaltarak suyun kökte kullanılmasına, kökün derinlere doğru inebilmesine ve daha fazla suya erişimine imkân sağlar. Yaprak sayısı ve alanın yanısıra bitki gövdesinde küçülmeler görülür (Kacar vd., 2006).

Kuraklık stresinin iki tatlı sorgum bitkisinde antioksidatif enzim sistemi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, antioksidatif enzim aktivitesindeki artışın kuraklığa toleransı arttırdığı belirtilmektedir (Guo vd., 2018). Domateste uygulanan su stresi, verim ve meyve kalitesinin düşmesine neden olurken, toleran çeşitlerdeki antioksidant içeriğinin duyarlı çeşitlerden daha yüksek çıktığı vurgulanmıştır. (Sanchez Rodriguez - vd., 2010; Alp ve Kabay, 2017). Domateste yapılan çalışmada kuraklık ve tuzlu şartlarda bitki gelişiminin olumsuz etkilendiği ve bitkideki K ile Ca oranlarının azaldığı bildirilmektedir (Ali ve Rab, 2017). Biberde 20 genotip'e su stresinin uygulandığı çalışmada kuraklık stresindeki genotiplerde klorofil içeriği, SOD ve CAT aktivitelerinde farklılıklar olduğu ve çalışma sonunda kuraklığa dayanıklı, hassas ve orta derece dayanıklı olarak sınıflandırıldığı belirtilmektedir (Özkan vd. 2013; Sahitya vd., 2018). Kuraklık stresine karşı hassas ve dayanıklı anaçlar üzerine aşılı sırk domates bitkilerinde

yapılan çalışmada dayanıklı anaç kullanımı ile bitki boyu, ortalama gövde çapı, yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlıkları, toplam verim, pazarlanabilir verim, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve büyüklüğü, klorofil ve karotenoid miktarı prolin miktarı, SOD, CAT, GR ve APX enzim aktivitesi değerleri de artış olduğu belirtilmektedir (Altunlu, 2011). Kuraklık stresi uygulanan fasulye genotiplerinin MDA, CAT, SOD ve APX aktivitelerinde değişimler meydana gelirken, K ve Ca değerleri kuraklığa hassas çeşitlerde daha düşük çıkmış, kuraklığa toleran genotiplerde ise kontrol bitkilerine yakın değerler saptanmıştır (Kabay ve Şensoy, 2016; Kabay ve Şensoy, 2017). Soyada (*Glycine max* L.cv., A3935), kuraklık stresi sonucu MDA aktivitesinin arttığı ve klorofil miktarının da azaldığı belirtilmiştir (Kayabaşı, 2011).

Kuraklığa bağlı olarak şeftali yapraklarının fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler tepkilerinin araştırıldığı çalışmada, antioksidan enzimlerin aktivitelerinin kuraklıkla birlikte arttığı ve bitkilerde lipid peroksidasyonu ile fotosentez miktarında azalmalar olduğu belirtilmiştir (Haider vd. 2018). Fasulyede çeşitlerinde yüksek sıcaklık ve su streslerinin etkilerinin incelendiği çalışmada, duyarlı çeşidin stresten olumsuz yönde etkilendiği, toleran çeşidin ise kontrole yakın değerler verdiği belirlenmiştir (Gonzalez ve Pastenes, 2012).

Yaptığımız çalışmada Şanlıurfa bölgesinde Gölpınar, Hilvan, Osmanbey genotipleri ile İnan 3363 standart biber çeşidinin kuraklık stresinde Klorofil, K, Ca, Mg içerikleri ile CAT, SOD; APX ve MDA aktivitelerindeki değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kuraklık stresi altında yetişen Urfa biberinin K, Ca, Mg, klorofil içerikleri ile CAT, SOD ve APX aktivitelerinde meydana gelen değişimlerin incelendiği çalışmada Şanlıurfa Bölgesine ait Gölpınar, Hilvan, Osmanbey biber genotipleri ile İnan 3363 standart biber çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada biber tohumları, 1 litre hacminde toprak içeren plastik saksılara, her saksıya iki adet tohum olacak şekilde ekilmiştir. Gerçek yapraklar çıktıktan sonra her saksıda bir bitki bırakılmıştır. Bitkiler 30 günlük fide durumundayken kuraklık uygulaması olan bitkilerde sulama kesilmiş ve 19 gün su verilmemiştir. Kontrol bitkilerinde ise ihtiyaca göre sulamaya devam edilmiştir. Çalışmanın

yürütüldüğü iklim odasının sıcaklık değeri gündüz ortalama 23 °C ve gece ise 18 °C ve ışık şiddeti ise ortalama 8000 lüks olarak ölçülmüştür. Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak dizayn edilen çalışma sonucunda şu analizler yapılmıştır:

Mineral element analizleri

Kuraklık stresinin uygulandığı bitkiler ile kuraklık stresi uygulanmayan kontrol bitkilerinden iki bitki alınıp bitkinin tümü önce açıkta daha sonra 65 °C'de 48 saat etüvde kurutulduktan sonra 0.5 g yeşil aksamdan alınıp mineral madde tayini için kullanılmıştır. 0.5 g tartılan kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örnekleri etil alkolle ön yakma yapıldıktan sonra 550 °C kül fırınında kül oluşuncaya kadar yakılmıştır. Elde edilen kül, % 3.3'lük HCl'de çözünmüş ve mavi bantlı filtre kağıdında süzöldükten sonra K, Ca, Mg, okumaları Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Uygulama Merkezinde atomik absorpsiyon cihazında yapılmıştır (Bağcı, 2010; Kuşvuran, 2010; Kabay ve Şensoy 2016; Kabay ve Şensoy 2017).

Klorofil miktarı

Biber bitkilerinde, alttan üçüncü yaprakтан alınan 0.25 g örnekler, doğrudan ışık gelmeyen loş bir yerde % 80' lik aseton içerisinde homojenize edilip, filtre edildikten sonra ekstrakt aseton ile 25 ml' ye tamamlanmıştır. Hazırlanmış örnekler 663 nm ve 645 nm dalga boyunda okunup aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır (Lichtenthaler ve Wellburn 1983; Zengin 2007; Amira ve Oados 2011; Zushi vd. 2012).

$$\text{Klorofil a (mg/g)} = (12.7 * 663 \text{ nm}) - (2.69 * 645 \text{ nm}) * V / W * 10000$$

$$\text{Klorofil b (mg/g)} = (22.91 * 645 \text{ nm}) - (4.68 * 663 \text{ nm}) * V / W * 10000$$

$$\text{Toplam Klorofil} = \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b}$$

Lipit peroksidasyonu

Bitkilerde lipit peroksidasyonu, malondialdehit (MDA) içeriği olarak ifade edilmektedir. Bitkilerin alttan 3. yaprağından alınan 0.5 g yaprak örneği 10 ml % 0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin berrak kısmından 1 ml alınıp üzerine 4 ml % 20'lik TCA içerisinde çözülmüş %0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) katılmıştır. Karışım 95 °C' de 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz

banyosunda soğutulup 10000 rpm'de 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra berrak kısımdan 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbansı belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik ile malondialdehit (MDA) içeriği hesaplanmıştır (Jebara vd., 2005; Kabay ve Şensoy 2016; Kabay ve Şensoy 2017).

$$\text{MDA (nmol ml}^{-1}\text{)} = [(A532-A600)/155 000] * 10^6$$

Antioksidatif enzim analizleri

Dondurulmuş 1 g yaprak örneği (bitkilerin alttan üçüncü yaprağı) 5 ml soğuk 0.1 M Na-fosfat, 0.5 mM Na-EDTA ve 1 mM askorbik asit karışımı (pH: 7.5) ile homojenize edildikten sonra. homojenat 4 °C'de 30 dakika 18000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan homojenatta hemen askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi belirlenmiştir. Katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerinin belirlenmesi için 1 g dondurulmuş yaprak örneği 5 ml soğuk 0.1 M Na-fosfat, 0.5 mM Na-EDTA karışımı (pH: 7.5) ile homojenize edildikten sonra. homojenat 4 °C'de 30 dakika 18000 rpm' de santrifüj edilmiştir. Homojenatın bir kısmında hemen CAT aktivitesi belirlenmiş ve SOD belirlemesi için ekstrakt -20 °C' de bekletilmiştir (Bağcı 2010; Jebara vd., 2005;; Kabay ve Şensoy 2016; Kabay ve Şensoy 2017).

Katalaz (CAT) aktivitesi

Katalaz aktivitesi, 240 nm dalga boyunda H₂O₂ nin kaybolmasının izlenmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi olarak 0.05 M fosfat tamponu (KH₂PO₄), 1.5 mM H₂O₂ karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbansdaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Jebara vd, 2005; Bağcı 2010; Kabay 2018b;).

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi

Nitroblue tetrazolium'un (NBT) 560 nm dalga boyunda inhibisyonu ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM Na-fosfat tamponu (Na₂HPO₄ x H₂O₂), 0.1 mM Na- EDTA, 33 µM NBT, 5 µM riboflavin, 13 mM methionin karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0. 1 veya 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Reaksiyon 25 °C'de 75 µmol m⁻² s⁻¹ (40 W) ışık altında 10 dakika bekletilerek sağlanmıştır. Kontrol çözeltisi enzimsiz olarak karanlıkta aynı süre bekletilmiştir. Kontrol ve Reaksiyon çözeltisi 560 nm'de okunmuştur. SOD

aktivitesi ünite olarak NBT'un % 50'sini indirgeyen aktivite olarak belirlenmiştir (Jebara vd. 2005; Bağcı 2010; Kabay 2018b).

Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi

Askorbat peroksidaz aktivitesi 290 nm dalga boyunda askorbik aside bağlı H_2O_2 'nin indirgenmesi ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM fosfat tamponu (KH_2PO_4), 0.5 mM askorbik asit, 0.1 mM EDTA, 1.5 mM H_2O_2 karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 3 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.1 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 290 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbandsadaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Jebara vd. 2005; Bağcı 2010; Kabay ve Şensoy 2016; Kabay ve Şensoy 2017).

İstatistik analiz

Çalışma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur. Kuraklık ve kontrol bitkilerinde stresin etkisinin belirlenmesi amacı ile elde edilen verilerin istatistiksel analizleri kullanılan deneme desenine göre (SAS 9.0) paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kuraklık stresinin bitkilerde besin maddesi içeriğini azalttığı bilinmektedir. Besin maddesi içeriğindeki azalma strese hassas olan bitkilerde daha fazladır. Kuraklık etkisindeki biber bitkilerinde potasyum (K) içeriğinin en fazla değiştiği bitki İnan 3363 biber çeşidi (kontrol: % 3.670, kuraklık: % 2.860, değişim oranı: % 22.071) olurken, potasyum (K) içeriğinin en az değiştiği bitki ise Gölpınar genotipi (kontrol: % 3.760 kuraklık: % 3.480, değişim oranı: % 7.447) olmuştur (Çizelge 1). Kalsiyum (Ca) içeriğinde ise en fazla düşüş İnan 3363 çeşidinde (kontrol: % 2.670, kuraklık:

% 1.150, değişim oranı: % 56.929) olurken, en az değişim ise Gölpınar genotipi (kontrol: % 2.330, kuraklık: % 1.180, değişim oranı: % 49.356) olmuştur (Çizelge 1). Magnezyum (Mg) içeriğinin en fazla değiştiği İnan 3363 çeşidinde (kontrol: % 0.770, kuraklık: % 0.280, değişim oranı: % 63.636) olurken, en az değişim oranı Hilvan (kontrol: % 0.680, kuraklık: % 0.360, değişim oranı: % 47.059) ve Gölpınar (kontrol: % 0.640, kuraklık: % 0.330, değişim oranı: % 48.438) genotiplerinde olmuştur (Çizelge 1). Domateste yapılan çalışmada kuraklık ve tuzlu şartlarda bitki gelişiminin olumsuz etkilendiği ve bitkideki K ile Ca oranlarının azaldığı bildirilmektedir (Ali ve Rab, 2017). Kuraklık stresi uygulanan fasulye genotiplerinin, K ve Ca içerikleri kuraklığa hassas çeşitlerde daha düşük çıkarken, kuraklığa tolerant genotiplerde ise kontrol bitkilerine yakın değerler çıktığı belirtilmektedir (Kabay ve Şensoy, 2016; Kabay ve Şensoy, 2017). Fasulyelerde su ve yüksek sıcaklık stresinin bitki gelişimini azalttığı tespit edilmiştir (Kacar vd., 2006; Gonzalez ve Pastenes, 2012). Kuraklık koşulları, hücrelerin bölünmesini ve büyümesini azaltıcı etkisi mineral madde alımının gerilemesine ve büyüme hızının düşmesine neden olabileceği vurgulanmıştır (Liu ve Stutzel, 2004).

Kuraklık stresinin biber genotiplerindeki klorofil içeriğinde meydana getirdiği değişimler ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Klorofil a, klorofil b, klorofil a+b içerikleri, kuraklığa tolerant olan genotiplerde kuraklığa hassas olan genotiplere göre daha fazla değişmiştir. Klorofil a miktarları incelendiğinde (Çizelge 2) stres koşullarında en az düşüş % 12.650'lik bir değişimle Gölpınar genotipinde görülmüştür. Klorofil a miktarı değişimi en fazla olan çeşit ise % 52.787'lik bir kayıpla İnan 3363 çeşidi olmuştur. Kuraklık stresine maruz kalmış biber genotiplerinde klorofil b açısından düşüşler gözlemlenmiştir. Klorofil b

Çizelge 1. Kuraklık stresindeki biber sürgünlerinde K, Ca ve Mg içeriklerindeki değişim (%)

Table 1. Changes in the contents of K, Ca and Mg in pepper shoots in drought stress (%)

Genotipler	K		Ca		Mg		Kuraklık % değişimi		
	Kont.	Kurak.	Kont.	Kurak.	Kont.	Kurak.	K	Ca	Mg
Gölpınar	3.760 a	3.480 a	2.330 d	1.180 b	0.640 c	0.330 b	-7.447	-49.356	-48.438
Hilvan	3.680 b	3.140 c	2.540 c	1.270 a	0.680 d	0.360 a	-14.674	-50.000	-47.059
İnan 3363	3.670 b	2.860 d	2.670 b	1.150 b	0.770 b	0.280 c	-22.071	-56.929	-63.636
Osmanbey	3.740 a	3.250 b	2.750 a	1.240 a	0.850 a	0.370 a	-13.102	-54.909	-56.471

Çizelge 2. Kuraklık stresindeki biber genotiplerinin klorofil a, b ve a+b miktarındaki değişimleri (mg/g T.A)**Table 2.** Changes in the chlorophyll a, b and a+b level of pepper genotypes at drought stress

Genotip	Kont. Klf. a	Kurak. Klf. a	Klf. a % değişimi	Kont. Klf. b	Kurak. Klf. b	Klf. b % değişimi	Kont. Klf. a+b	Kurak. Klf. a+b	Klf. a+b % değişimi
Gölpınar	1.660 b	1.450 a	-12.650	2.650 c	2.050 c	-22.642	4.310 c	3.500 b	-18.794
Hilvan	1.340 c	0.820 c	-38.806	2.370 d	1.450 d	-38.819	3.710 d	2.270 d	-38.814
İnan 3363	3.050 a	1.440 a	-52.787	3.460 b	2.560 a	-26.012	6.510 a	4.000 a	-38.556
Osmanbey	1.670 b	1.230 b	-26.347	3.750 a	2.190 b	-41.600	5.430 b	3.420 c	-37.017

(p<0.05).

içeriği açısından en az etkilenen genotip Gölpınar genotipi olmuştur. Klorofil b miktarı açısından en çok etkilenen ve en çok değişim gözlenen genotip ise Osmanbey genotipi olmuştur. Toplam klorofil değerlerinin değişim oranı % 18.794 ile % 38.814 arasında görülmektedir (Çizelge 2). Biberde 20 genotip'e su stresinin uygulandığı çalışmada, kuraklık stresindeki genotiplerde klorofil içeriği, SOD ve CAT aktivitelerinde farklılıklar olduğu ve çalışma sonunda kuraklığa dayanıklı, hassas ve orta derece dayanıklı olarak sınıflandırıldığı belirtilmektedir (Sahitya vd., 2018). Kuraklık stresine karşı hassas ve dayanıklı anaçlar üzerine aşılı sırk domates bitkilerinde yapılan çalışmada dayanıklı anaç kullanımı ile bitki boyu, ortalama gövde çapı, yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlıkları, toplam verim, pazarlanabilir verim, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve büyüklüğü, klorofil ve karotenoid miktarı, prolin miktarı, SOD, CAT, GR ve APX enzim aktivitesi değerlerinde artış olduğu belirtilmektedir (Altunlu, 2011). Soya bitkilerine (*Glycine max* L.cv., A3935), kuraklık stresinin uygulandığı çalışmada, MDA aktivitesinin arttığı ve klorofil miktarının da azaldığı belirtilmektedir (Kayabaşı, 2011).

Çalışmamızda kuraklık stresine hassas olan İnan 3363 çeşidinde MDA değişimi daha fazla olurken, tolerans gösteren Hilvan genotipinde ise daha

az değişim olmuştur. CAT içeriği kuraklık stresine hassas olan İnan 3363 çeşidinde kontrol 0.023 nmol⁻¹ T.A iken, kuraklıkta 0.036 nmol⁻¹ T.A olarak tespit edilmiştir. Kuraklık stresine tolerant olan Gölpınar genotipinde ise kontrol bitkilerindeki değer 0.011 nmol g⁻¹ T.A iken, kuraklık stresinde ise 0.045 nmol g⁻¹ T.A olarak bulunmuştur (Çizelge 3). SOD ve APX aktivitesine bakıldığında ise kuraklık stresine hassas olan İnan 3363 ve kuraklık stresine tolerant olan Gölpınar biber bitkilerinde SOD ve APX aktivitesinde belirgin farklar olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Abiyotik streslerde reaktif oksijen türlerinin (ROS), bitkilerde strese karşı toleransın artırılmasında önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Kuraklık stresinin iki tatlı sorgum bitkisinde antioksidan enzim sistemi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada enzim aktivitelerinin artmasının kuraklığa toleransı arttırdığı belirtilmektedir (Guo vd., 2018). Şeftali yapraklarının antioksidan enzimlerin aktivitelerinin kuraklık stresi ile birlikte arttığı ve lipid peroksidasyonu ile fotosentezde azalmalar olduğu belirtilmektedir (Haider vd., 2018). Kuraklık stresinin zarar verici etkilerini azaltmak için çeşitli sulama kısıtlamaları oluşturularak yetiştirilen lahana fidelerinde PGPR uygulamalarının, lipid peroksidasyonunu azaltarak lahana fidelerinin

Çizelge 3. Kuraklık stresindeki biber genotiplerinin MDA (nmol/g TA), CAT (mmol/g TA), SOD (unite/g TA) ve APX (mmol/g TA) aktivitelerindeki değişimleri**Table 3.** Changes in the MDA (nmol/g TA), CAT (nmol/g TA), SOD (nmol/g TA) and APX (nmol/g TA) activity of pepper genotypes at drought stress

Genotip	Kont, MDA	Kurak. MDA	Kont, CAT	Kurak. CAT	Kont, SOD	Kurak. SOD	Kont, APX	Kurak. APX
Gölpınar	10.190 ab	14.500 b	0.011 c	0.045 a	0.940 d	1.170 d	0.180 c	0.340 d
Hilvan	7.780 c	8.820 c	0.015 b	0.027 c	1.230 b	1.650 c	0.130 d	0.370 c
İnan 3363	8.460 bc	33.020 a	0.023 a	0.036 b	1.080 c	2.670 a	0.570 a	0.650 a
Osmanbey	11.570 a	16.380 b	0.012 c	0.022 d	1.470 a	1.950 b	0.340 b	0.480 b

kuraklık stresine toleransını arttırdığı belirtilmiştir (Samancıoğlu vd., 2016). Yaş ve kuru ağırlıkları, toplam ve pazarlanabilir verim, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve büyüklüğü, klorofil, karotenoid ve prolin miktarları ile SOD, CAT, GR ve APX enzim aktiviteleri değerleri artış olduğu belirtilmektedir (Altunlu, 2011).

SONUÇLAR

Kuraklık stresi biber bitkilerinde verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Kuraklığa tolerant genotiplerin tespit edilmesi verim ve kalite kayıplarını önemli derecede önlemektedir. Yapılan çalışmada kuraklık stresine hassas genotiplerde klorofil a, b, a+b, K, Ca, Mg miktarlarında azalma kuraklık stresine tolerant genotiplere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Kuraklık stresindeki biber bitkilerindeki MDA, CAT, SOD ve APX aktivitelerinin arttığı görülmüştür. Sonuç olarak kuraklık stresinde uygulanan parametreler tolerant genotiplerin seçiminde uygun metotlar olduğu kanısındayız.

TEŞEKKÜR

Bu makale Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından desteklenen FYL-2017-6009 No'lu yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Amira MS, Qados A (2011). Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of The Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10:7-15.

Ali SG, Rab A (2017). The influence of salinity and drought stress on sodium, Potassium and proline content of *Solanum Lycopersicum* L. Cv. Rio Grande. *Pak. J. Bot.* 49(1): 1-9. 2017.

Alp Y, Kabay T (2017). The effect of drought stress on plant development in some native and commercial tomato genotypes. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. 27(3): 387-395.

Altunlu H (2011). Aşılamanın Domateste Kuraklık Stresine Etkileri (doktora tezi, Basılmamış). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.

Bağcı E (2010). Nohut Çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif stresin fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerle belirlenmesi (Doktora tezi basılmamış). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi. s. 403 Ankara.

Gonzalez CJ, Pastenes C (2012). Water-stress-induced thermotolerance of photosynthesis in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants: The possible involvement of lipid composition and xanthophyll cycle pigments. *Environmental and Experimental Botany*. 77: 127-140.

Guo YY, Tian SS, Liu SS, Wang WQ, Sui N (2018). Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of sweet sorghum under drought stress. *Photosynthetica*: 1-12.

Haider MS, Kurjogi MM, Khalil-ur-Rehman M, Pervez T, Songtao J, Fiaz M, Fang J (2018). Drought stress revealed physiological, biochemical and gene-expressional variations in 'Yoshihime'peach (*Prunus Persica* L.) cultivar. *Journal of Plant Interactions*, 13(1): 83-90.

Jebara S, Jebara M, Limam F, Aouani M E (2005). Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Journal of Plant Physiology*. 162(8): 929-936.

Kabay T, Şensoy S (2016). Kuraklık Stresinin Bazı Fasulye Genotiplerinde Oluşturduğu Enzim, Klorofil ve İyon Değişimleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 26(3): 380-395.

Kabay T, Şensoy S (2017). Enzyme, Chlorophyll And Ion Changes In Some Common Bean Genotypes By High Temperature Stress. *Ege Journal of Agricultural Research*. 54(4): 429-437.

Kabay T (2018a). Effects of Low Temperatures on Enzyme Activity, Chlorophyll and Ion Contents in Common Bean Genotypes. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(5): 7271-7287.

Kabay T. (2018b). effects of different potassium doses on ion, chlorophyll and enzyme contents of drought sensitive bean plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(11): 7733-7738.

Kabay T, Ekincialp A, Erdinç Ç, Şensoy S (2018a). The Impact of Low temperatures on Plant Growth in Some Common Bean Genotypes. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27(12a): 8715-8722.

Kabay T, Alp Y, Şensoy S (2018b). Effect of Vermicompost Application on Some Plant Characteristics In Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*. 27(12b): 9942-9948

Kabay T (2019). Effects of Different Potassium Doses On Development of High Temperature-Sensitive Bean Plants. *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*, 28(1) :320-325.

Kacar B, Katkat B, Öztürk Ş (2006). Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım. 2.493-533.

Kayabaşı S (2011). Kuraklık Stresinde Yetiştirilen Soyada Bazı Fizyolojik Parametreler İle Prolin Birikiminin Araştırılması (yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Kuşvuran Ş (2010). Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleranslı Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar (Doktora tezi. basılmamış). Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü s. 356. Adana.

Lichtenthaler HK, Wellburn AR (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Transac.* 11:591-592.

Liu F, Stutzel H (2004). Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 102 (1): 15-27.

Özfidaner M, Şapolyo D, Topaloğlu F (2018). Seyhan Havzası Akım Verilerinin Hidrolojik Kuraklık Analizi. *Toprak Su Dergisi*. 7(1): 57-64.

Özkan CF, Asri FÖ, Demirtaş El, Arı N (2013). Örtüaltı Biber Yetiştiriciliğinde Organik ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Bitkinin Beslenme Durumu ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri *Toprak Su Dergisi*, Cilt 2 Sayı 2 (96-101).

Sahitya UL, Krishna MSR, Deepthi R, Prasad GS, Kasim D (2018). Seed Antioxidants Interplay with Drought Stress Tolerance Indices in Chilli (*Capsicum annuum* L.) Seedlings. *Bio Med research international*. <https://doi.org/10.1155/2018/1605096>.

Samancıoğlu A, Yıldırım E, Şahin Ü (2016). Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri Uygulamalarının Farklı Sulama Seviyelerinde Yetiştirilen Lahanada Fide Gelişimi, Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3): 332-338.

Sanchez-Rodriguez E, Rubio-Wilhelmi M, Cervilla LM, Blasco B, Rios JJ, Rosales MA, Ruiz JM (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*, 178(1): 30-40.

Zengin FK (2007). Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) Pigment İçeriği Üzerine Bazı Ağır Metallerin Etkileri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*. 10-2 Kahramanmaraş.

Zushi K, Kajiwara S, Matsuzoe N (2012). Chlorophyll A Fluorescence OJIP transient as a tool to characterize and evaluate response to heat and chilling stress in tomato leaf and fruit. *Scientia Horticulturae*. 14 : 39-46.