

Kuraklık Stresinin Yerli ve Ticari Domates Çeşitlerinde Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri

Yekbun ALP¹, Turgay KABAY^{2*}

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, Van

* tkabay@yyu.edu.tr

Özet: Domates üretiminde son yıllardaki en önemli sıkıntılardan biri de kuraklıktır. Kuraklık artışı verim ve kalitede büyük düşüslere neden olmaktadır. Bitkilerin kuraklıktan etkilenme şeklinin bilinmesi ve tolerant bitkilerin kullanımı ile verim ve kalitedeki düşüsler azaltacaktır. Bu çalışmada dünyada ve ülkemizde sevilerek tüketilen domateste kuraklığın oluşturduğu klorofil ve MDA içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Domates tohumları eşit oranda torf ve perlit karışımının olduğu 2 litrelik saksılara dört tekerrürlü ekilmiştir. Kotiledon yaprakları açıldıktan sonra Hoagland besin çözeltisiyle sulanmıştır. Sulamaya kontrol bitkilerinde çalışma bitinceye kadar devam edilirken, kuraklık uygulanan bitkilerde ise fide döneminde sulama aniden kesilmiştir. 12 gün sonra bitkilerde yaprak alanı, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, karotenoid ile MDA içeriği incelenmiştir. Bu incelemelerde H2274 çeşidi kuraklık stresinden en fazla etkilenirken, Tokat çeşidi ise kuraklık stresinden en az etkilenen domates çeşidi olmuştur. Kuraklık stresine tolerant ve duyarlı domates çeşitlerinin belirlenmesinde incelenen bu parametrelerde bariz farklar oluştuğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Domates, Kuraklık stresi, Klorofil, MDA

The Effect of Drought Stress on some physiologic parameters in Some Native and Commercial Tomato Genotypes.

Abstract: The increase in the severity of drought that is one of the most important problems in tomato production in recent years, leads to a large decrease in yield and quality of tomato and so knowing how these plants are affected by drought and using tolerant plants can prevent this decrease. Thus, in this study, the aim is to analyse chlorophyll and MDA contents caused by drought in tomato plants and to determine the changes that these plants experienced based on drought. Tomato seeds were planted in a 2 liters-pot with 4 repetition that contain equal amounts mixture of peat + perlite. With the emergence of the cotyledon leaves, the plants were irrigated with the Hoagland nutrients solution. Whereas the control plants were irrigated until the end of the application, the irrigation was suddenly halted in the seedling period for the plants that were exposed to drought. Leaf area, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid and MDA contents in the plants were analysed after 12 days. In these examinations, H2274 tomato variety was the most adversely affected variety by drought stress whereas Tokat tomato variety was the least affected one. It was observed that there were obvious differences in the parameters examined to determine tomato varieties that are tolerant and susceptible to drought stress.

Keywords: Tomato, Drought, Chlorophyll, MDA

Giriş

Domates, mevcut üretimi ve ihracatı ile ülkemiz ekonomisine büyük katkılar sağlamaktadır. Dünya domates üretiminde ilk sıralarda olan ülkemizde kuraklık gibi olumsuz etkiler bu oranı düşürebilmektedir. Kuraklık gibi abiyotik streslere maruz kalan bitkilerde üretim miktarı ve kalitesi düşmektedir. Bitkiler kuraklık stresine girdiklerinde dokuların arasında su dengesi

bozulmaktadır. Bu durumda fotosentez ve solunum yavaşlamakta ve durmaktadır (Lawlor ve Cornic 2002; Özen ve ark. 2007; Çakmakçı 2009; Sivakumar ve Srividhya 2016). Fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin incelenmesiyle kuraklığa tolerant genotip belirleme konusunda yüksek oranda korelatif bir ilişki belirlemek mümkün olmamaktadır (Lichtenthaler

1983; Blum ve ark., 1986; Özer ve ark. 1997; Kaçar ve ark. 2006; Zengin 2007). Su eksikliğinin etkilerinden biride fotosentez oranındaki düşüş nedeni ile vejetatif büyümedeki azalmadır. Kurak koşulların uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi durur, yaprak alanı, yaprak sayısı azalır ve hatta bazı yapraklar sarararak dökülür. Kuraklık stresi altında gelişimini tamamlamış bitkiler su stresi olmaksızın gelişimini tamamlamış bitkilere oranla daha düşük bir hacme sahip olma eğilimindedirler (Asraf ve Foolad 2007; Nam 2010; Amira 2011; Selda ve Ekinçi 2016).

Domateslerde kuraklık stresinin bakıldığı çalışmada domates genotipinde verim ve klorofil içeriğinin kuraklık stresine hassas olan genotiplerde, kuraklığa tolerant olanlara oranla daha fazla düştüğü belirtilmektedir (Sivakumar ve Srividhya 2016).

Domates, patlıcan ve kavun genotiplerinin kuraklığa karşı gösterdikleri fizyolojik tepkilerin incelendiği bir çalışmada, yaprak alanı ve MDA içeriği kuraklık stresine gösterdikleri tepkilerde yeterli bir parametre olduğu vurgulanmaktadır (Kıran ve ark. 2015).

Domateste uygulanan su stresi çalışmasında verim ve meyve kalitesinin düşmesine neden olurken, yaprak oransal su içeriğinin tolerant çeşitlerde iyi çıktığı; ancak antioksidant içeriğinin ise duyarlı

çeşitlerde yüksek çıktığı belirtilmektedir (Sanchez - Rodriguez, 2010).

Kuraklık ve tuz stresi koşulları kavunlarda bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı gibi parametrelerde azalmanın olduğu bildirilmektedir (Kuşvuran, 2010; Kıpçak ve Erdiç 2016).

Sırık domates yetiştiriciliğinde, kuraklık stresine karşı farklı anaçlar üzerine aşılı fide kullanımının etkilerinin denendiği araştırma sonuçlarında kuvvetli anaç

kullanımı ile yaprak alanı, klorofil ve karotenoid miktarında artış gösterdiği belirtilmiştir (Altunlu, 2011).

Domates çeşitleri (TR-63233 ve H-2274), kuraklık stresinden de tuz uyulamalarında olduğu gibi yüksek düzeyde etkilenmiştir. Bitki yaş ve kuru ağırlığı, yaprak alanı, yaprak su potansiyeli ve klorofil içeriği bakımından tuza tolerant genotiplere göre daha az geliştiği bildirilmiştir. Kuraklık ve sıcaklık stresinin üç domates çeşidi (Arvento, LA1994 ve LA2093) üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, çeşitlerin kuraklık ve sıcaklık stresi kombinasyonuna maruz kaldıklarında benzer tepkiler gösterdiği ve tüm çeşitlerin taze ve kuru ağırlık, yaprak alanı ve bağıl su içeriği önemli ölçüde düştüğü bildirilmektedir (Zhou ve ark., 2017). Domates bitkilerine köklerden strigolaktonların verildiği bitkilerin kurak ortamlardan fazla etkilenmediği bildirilmektedir (Visentin ve ark, 2016). Domateste kurak, yarı kurak ve kontrol grubunda yetiştirilen domates çeşitlerinde kurak ortamlardaki çeşitlerin stomalarının daha erken kapandığı belirtilmektedir (Riccardi ve ark, 2016). Kuraklık stresine maruz kalan domates bitkilerinde meyve ağırlığının düştüğü belirtilmektedir (Khan ve ark. 2015).

Kuraklık ve yüksek sıcaklık stresinin fasulye genotiplerinde klorofil içeriği ve yaprak alanı verilerin kontrol bitkilerine göre düştüğü ancak MDA içeriğinin ise arttığı belirtilmektedir (Kabay, 2014).

Kuraklığa tolerans bakımından kavun ve karpuz bitkilerinde geniş bir varyasyon gösterdiği klorofil, yaprak alanı ve MDA kriterlerinin kuraklığa toleransın belirlenmesinde etkin olarak kullanılabileceği vurgulanmaktadır (Karipçin, 2009; Kuşvuran ve Abak, 2012). Kuraklığa dayanıklı nohut çeşitlerinin sera çeşitlerinde toplam klorofil ve tarla koşullarında nispi klorofil çeşitler arasında farklılık

göstererek kuraklığa bağlı azaldığını belirtmiştir. Bütün nohut çeşitlerinde kuraklık stresine bağlı olarak H₂O₂ birikimi ve buna bağlı olarak lipid peroksidasyonunda artış gerçekleştiği bildirilmiştir (Güneri Bağcı, 2010). Kuraklık stresine maruz kalmış altı mercimek çeşidi tohumunun fizyolojik

Materyal ve Yöntem

Domates bitkilerinde kuraklık stresinin ortaya çıkardığı etkilerin belirlenebilmesi amacı ile yapılmış olan bu çalışma da Van Gölü Havzası'nda üretimi yapılan hibrit (BT986, BT1134, Tokat) ve standart (H2274, Rio Grande, Falcon) ile bazı yerel domates genotipleri (Lice, Hilvan ve Ahlat) kullanılmıştır. Çalışma domates çeşit ve genotiplerinin kuraklığa gösterdiği tolerans ve duyarlılık seviyelerinin belirlenmesi amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tohumlar 2 litre hacminde, 1:1 oranında torf : perlit karışımı harç içeren plastik saksılara ekilen ve her saksıda iki adet domates bitkisi olacak şekilde tasarlanan çalışma 23±2 °C sıcaklık ve 8000 lüks ışık şiddetindeki iklim odasında yürütülmüştür. Ekilen tohumlar, başlangıçtan itibaren sadece su verilmiştir. Bitkiler ilk gerçek yaprakların oluştuğu dönemden itibaren Hoagland besin çözeltisi ile sulanmıştır. Domates bitkileri kontrol ve kuraklık olmak üzere iki uygulama grubuna ayrılmıştır. Kontrol grubundaki domates bitkilerinde tohumların çimlenmesinden deneme sonlandırılana kadar drene olan su miktarına göre sulama yapılmıştır. Kuraklık grubundaki domates bitkilerinde ise tohumlar çimlendikten sonra kontrol grubu ile aynı şekilde sulanmıştır. Kuraklık grubundaki bitkiler fide dönemine ulaştıkça sulama kesilmiş

ve biyokimyasal özellikleri incelenerek kuraklığa dayanıklı ve hassas genotip belirlenmesi çalışmasında MDA ve H₂O₂ miktarları bakımından Seyran ve Çağıl çeşitleri sırasıyla kurağa dayanıklı ve hassas genotipler olduğu belirtilmiştir (Gökçay, 2012).

ve on iki gün boyunca su verilmemiştir (Kuşvuran 2010; Kabay 2014).

Bitkilerde Yapılan Ölçüm ve Analizler:

Yaprak alanının belirlenmesi

Kontrol grubu ile kuraklık stresi sonunda domates bitkilerinde yaprak alanı yaprak şekilleri çizilerek alan ölçer aleti (planimetre) kullanılarak cm² olarak hesaplanmıştır.

Klorofil miktarı

Yapraktan alınan 0.25 g örnekleri doğrudan ışık gelmeyen loş bir yerde % 80'lik aseton içerisinde homojenize edilip filtre edildikten sonra ekstrakt, aseton ile 25 ml'ye tamamlanmıştır (Şekil 3.15). Hazırlanmış örnekler 663 nm ve 645 nm dalga boyunda okunup klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil hesaplanırken 470 nm dalga boyunda okunan örneklerde karotenoid hesaplaması yapılmıştır (Lichtenthaler ve Wellburn, 1983; Zengin, 2007; Amira ve Qados 2011; Kabay 2014).

Klorofil a (mg/g) = (12,7 * 663 nm) – (2.69 * 645 nm) * V / W*10000

Klorofil b (mg/g) = (22,91 * 645 nm) – (4.68 * 663 nm) * V / W*10000

Toplam Klorofil = Klorofil a + Klorofil b

Karotenoid (mg/g) = ((1000 * 470 nm) – (3.27 * Klorofil a) – (104 * Klorofil b)) / 229

Lipit peroksidasyonu (MDA)

Bitkilerde lipit peroksidasyonu, malondialdehit (MDA) içeriği olarak ifade edilmektedir. Bitki 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 kısımda 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbansı belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik ile malondialdehit (MDA) içeriği belirlenmiştir (Güneri Bağcı 2010; Kabay ve Şensoy 2016)

$$\text{MDA (nmol ml}^{-1}\text{)} = [(A_{532}-A_{600})/155000] \cdot 10^6$$

İstatistiksel analiz

Denemenin kurulmasında tesadüf parselleri deneme deseni kullanılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri kullanılan deneme desenine göre (SAS 9.0) paket programında varyans analizine tabii tutulmuştur. Önemli olan ortalamaları belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sebze üretiminde abiyotik stres verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Bitkideki klorofil miktarı gibi fizyolojik etmenlerin stresten olumsuz etkilenmesi verim ve kalite kayıplarını daha da arttırmaktadır. Çünkü klorofil miktarında ve yaprak alanında azalma ile MDA'daki değişim bitkinin stresten ne kadar etkilendiğini gösteren parametrelerdir. Yaptığımız çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; yaprak alanı ve klorofil miktarlarında stresten etkilenmeye bağlı olarak hassas çeşitlerde daha fazla azalma olmuştur. Yaprak alanı

istatistiksel olarak kuraklığa tolerantlık gösteren Tokat domates çeşidinde (kontrol grubunda 147.35cm² kuraklık stresinde 134.16 cm²) kuraklık stresinde daha az kayıp olurken, istatistiksel olarak hassas çeşit olan H2274 (kontrol grubunda 177.74 cm² kuraklık stresinde 71.14 cm²) çeşidinde ise daha fazla yaprak alanı kaybı olmuştur (Çizelge 1). Yerel domates genotiplerinden Lice domates genotipi % 31.172 lik yaprak alanı kaybı ile orta düzeyde olumsuz etkilenirken Ahlat ve Hilvan domates genotipleri ise sırasıyla %54.252 ve %50.640 kayıpla en fazla etkilenen genotipler olmuştur. Standart domates çeşitleri arasında ise Falcon çeşidi % 34.035 ile orta düzeyde kayıp görülürken, H2274 domates çeşidinin yaprak alanı ise %59.973 kayıpla kuraklık stresinden en fazla etkilenen genotip olmuştur. F1 domates çeşitlerinin arasında Tokat F1 domates çeşidi %8.951 kayıpla kuraklık stresinden en az etkilenen domates çeşidi olurken, 986 F1 domates çeşidinde ise %48.582 kayıpla en fazla etkilenen çeşit olmuştur (Çizelge 1). Kuraklık ve sıcaklık stresinin üç domates çeşidi (Arvento, LA1994 ve LA2093) üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, çeşitlerin kuraklık ve sıcaklık stresi kombinasyonuna maruz kaldıklarında benzer tepkiler gösterdiği ve tüm çeşitlerin taze ve kuru ağırlık, yaprak alanı ve bağıl su içeriği önemli ölçüde düştüğü bildirilmektedir (Zhou ve ark. 2017). Domates bitkilerine köklerden strigolaktonların verildiği bitkilerin kurak ortamlardan fazla etkilenmediği bildirilmektedir (Visentin ve ark. 2016). Domateste kurak, yarı kurak ve kontrol grubunda yetiştirilen domates çeşitlerinde kurak ortamlardaki çeşitlerin stomalarının daha erken kapandığı belirtilmektedir (Riccardi ve ark. 2016). Domateste yapılan çalışmada kontrollü şartlarda yetiştirilen domateste bitki taze

ağırlığı 1.37 g iken kuraklık koşullarındaki bitki ağırlığının 0.57 g olduğu bildirilmektedir (Khan ve ark. 2015). Kurak koşulların uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişiminin durduğu, yaprak alanı, yaprak sayısının azaldığı ve hatta bazı yaprakların sarararak döküldüğü belirtilmiştir. Kuraklık stresi altında gelişimini tamamlamış bitkiler su stresi olmaksızın gelişimini tamamlamış bitkilere oranla daha düşük bir hacme sahip olma eğilimindedirler (Riccardi ve ark. 2016; Kabay ve Şensoy 2016). Karpuz genotiplerinde, kuraklık toleransının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada genotiplerde kuraklık stresinden olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (Karipçin, 2009).

Çizelge 1. Kuraklık stresi sonunda domates genotiplerinde yaprak alanı (cm²)

Genotip	Kontrol	Kuraklık	Değişim (%)
Lice	137.60f	94.707b	31.172
Hilvan	178.87a	88.290c	50.640
Ahlat	167.35bc	76.56e	54.252
986	164.34c	84.50d	48.582
1134	157.62d	94.213b	40.228
Tokat	147.35e	134.16a	-8.951
H2274	177.73a	71.14f	59.973
Riogrande	168.94b	77.71e	54.001
Falcon	144.94e	95.610b	34.035

Klorofil a miktarı incelendiğinde stres koşullarında en az düşüş, kontrolde 19.610 mg/g Taze Ağırlık (T.A) ve kuraklık uygulaması sonucunda 18.521 mg/g T.A. olan Falcon domates çeşidinde olmuştur. Klorofil a miktarındaki değişimlerden en çok etkilenen Ahlat domates genotipi (kontrol: 34.040, kuraklık: 14.647) ve Hilvan domates genotipi (kontrol: 16.720, kuraklık: 9.777) olmuştur (Çizelge 2). Klorofil b içeriği açısından stresten en az etkilenen genotipler incelendiğinde; kontrolde 7.388 mg/g T.A ölçülüp, kuraklık uygulaması

sonucunda 7.094 mg/g T.A olan Tokat F1 çeşidi iyi sonuç vermiştir.

Çizelge 2. Domates genotiplerinin kontrol ve kuraklık koşullarında klorofil a miktarı (mg/gT.A)

Genotip	Kontrol	Kuraklık	Değişim (%)
Lice	16.209 g	11.37 g	29.835
Hilvan	16.720 f	9.777 h	41.525
Ahlat	34.040 a	14.647 e	56.971
986	24.586 c	21.015 b	14.525
1134	33.300 b	22.919 a	31.174
Tokat	19.727 d	17.067 d	13.484
H2274	11.724 ı	8.377 ı	28.548
Riogrande	14.945 h	11.568 f	22.596
Falcon	19.610 e	18.521 c	5.553

Klorofil b miktarı açısından genotipler incelendiğinde; kontrol grubunda 27.033 mg/g T.A ve kuraklık uygulaması sonucunda 8.555 mg/g T.A olan 1134 F1 çeşidi en fazla etkilenen olmuştur. Ayrıca kontrolde 16.999 mg/g T.A ve kuraklık uygulamasından sonra 6.258 mg/g T.A olan Ahlat genotipi en çok etkilenen genotipler arasında yer almıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Domates genotiplerinin kontrol ve kuraklık koşullarında klorofil b miktarı (mg/gT.A)

Genotip	Kontrol	Kuraklık	Değişim (%)
Lice	6.405 f	4.134 g	35.457
Hilvan	6.195 g	3.759 h	39.322
Ahlat	16.999 b	6.258 e	63.186
986	12.980 c	8.008 b	38.305
1134	27.033 a	8.555 a	68.353
Tokat	7.388 e	7.094 c	3.979
H2274	4.662 ı	3.573 ı	23.359
Riogrande	5.995 h	4.961 f	17.248
Falcon	8.482 d	6.583 d	22.389

Toplam klorofil değerleri incelendiğinde Falcon ve Tokat F1 domates çeşidi en az etkilenen çeşitler olmuştur. Kontrol bitkisine kıyasla Falcon standart çeşidinde %10.636'lık değişim görülürken, Tokat F1 domates çeşidinde ise %10.860'lık azalma görülmüştür.

Kuraklık stresi sonunda elde edilen verilere göre en çok etkilenen çeşitler ise Ahlat ve 1134 F1 domates çeşitleri olmuştur. Toplam klorofil kaybı Ahlat çeşidinde %56.482 iken, 1134 F1 domates çeşidinde ise %47.829 oranında azalma olduğu görülmüştür. Yerel domates genotiplerinden Lice domates genotipinde toplam klorofil oranı kuraklık stresi sonucu % 31.426 oranında azalırken, Ahlat domates genotipinde ise toplam klorofil oranı kuraklık stresinde %56.482 kayıpla en fazla etkilenen genotip olmuştur. Standart domates çeşitleri arasında ise Falcon çeşidi % 10.636 azalmayla kontrol grubuna en yakın toplam klorofil değeri olmuştur. H2274 domates genotipi ise % 27.072 azalmayla kuraklık stresinden orta düzeyde etkilenen domates çeşidi olmuştur. Tokat F1 domates çeşidi ise %10.860 kayıpla kuraklık stresinden en az etkilenen F1 domates çeşidi olurken, 1134 F1 domates çeşidinde ise %47.829 kayıpla en fazla etkilenen F1 domates çeşidi olmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Domates genotiplerinin kontrol ve kuraklık koşullarında klorofil a+ b miktarı (mg/gT.A)

Genotip	Kontrol	Kuraklık	Değişim (%)
Lice	22.609 g	15.504 g	31,426
Hilvan	22.910 f	13.532 h	40,934
Ahlat	48.026 b	20.900 e	56,482
986	37.556 c	29.016 b	22,739
1134	60.315 a	31.467 a	47,829
Tokat	27.108 e	24.164 d	10,860
H2274	16.382 i	11.947 i	27,072
Riogrande	20.935 h	16.524 f	21,070
Falcon	28.085 d	25.098 c	10,636

Kuraklık stresinin uygulandığı on adet domates genotipinde, klorofil miktarının kuraklık stresinde tüm domates genotiplerinde düştüğü ancak bu düşüşlerin hassas genotiplerde daha fazla olduğu belirtilmektedir (Sivakumar ve Srividhya 2016). Kuraklık stresi

uygulanmasıyla beraber klorofil miktarında gerçekleşen azalmaların genel olarak klorofil membranlarının zarar görmesinden kaynaklandığı ve kuraklık stresinin klorofil a ve b içeriği açısından, özellikle yaşlı yapraklarda azalmaya sebep olduğu bildirilirken, kuraklık stresinin klorofil içeriğini olumsuz olarak etkilediğini, fotosentetik pigmentlerin kuraklık stresi sonucunda hasara uğrayarak klorofilin tüm bitkide azalma gösterdiğini bildirmişlerdir (Türkan ve ark. 2005; Yağmur ve ark. 2006; Neto ve ark. 2006; Kabay ve Şensoy 2016).

Karotenoid içeriğine bakıldığında en az etkilenen 1134 F1 domates çeşidi (kontrol: 4.157 mg/g T.A, kuraklık: 3.772 mg/g T.A) ile Falcon domates çeşidi (kontrol: 3.243 mg/g T.A, kuraklık: 2.851 mg/g T.A) olmuştur. Kuraklık stresinden en çok etkilenen Ahlat genotipi (kontrol: 5.588 mg/g T.A, kuraklık: 2.353 mg/g T.A) ile Hilvan genotipi (kontrol: 2.590 mg/g T.A, kuraklık: 1.521 mg/g T.A) olmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Domates genotiplerinin kontrol ve kuraklık koşullarında karotenoid miktarı (mg/gT.A)

Genotip	Kontrol	Kuraklık	Değişim (%)
Lice	2.419 h	1.484 h	38.652
Hilvan	2.590 g	1.521 g	41.274
Ahlat	5.588 a	2.353 e	57.892
986	4.058 c	3.289 b	18.950
1134	4.157 b	3.772 a	9.262
Tokat	3.177 e	2.606 d	17.973
H2274	2.774 f	1.790 f	35.472
Riogrande	2.268 i	1.400 i	38.272
Falcon	3.243 d	2.851 c	12.088

Stres durumunda turgor kaybı nedeniyle hücre büyümesi olumsuz olarak etkilendiğinden hücreler küçük kalmaktadır. Hücre büyümesindeki azalma çeper sentezini de etkilemektedir. Bu durumdan klorofil olumsuz olarak etkilenir. Fotosentez ve solunum

yavaşlamakta ve durmaktadır (Lawlor ve Cornic 2002; Çakmakçı 2009; Sivakumar ve Srividhya 2016). Çeşitli inorganik iyonların ve osmoregülatör olarak görev yapan değişik organik maddelerin birikimi yapraklardaki fotosentetik aktivitelerin belirlenmesi hücre zarı geçirgenliğinde ortaya çıkan zararlanma, kuru madde stres indeksi, strese tolerant, bitkilerin seçiminde kullanılabilecek parametreler arasındadır (Lichtenthaler 1983; Blum ve ark. 1986; Özer ve ark. 1997; Zengin 2007; Nam 2010; Amira ve Qades 2011). Su eksikliğinin etkilerinden biride fotosentez oranındaki düşüş nedeni ile vejetatif büyümedeki azalmadır (Asraf ve Foolad 2007; Riccardi 2016). Kurak koşulların uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi durur, yaprak alanı, yaprak sayısı azalır ve hatta bazı yapraklar sarararak dökülür (Riccardi 2016). Kuraklık stresi altında gelişimini tamamlamış bitkiler su stresi olmaksızın gelişimini tamamlamış bitkilere oranla daha düşük bir hacme sahip olma eğilimindedirler (Örs ve Ekinci 2015). Kuraklık stresi altındaki domates genotiplerinin yapraklarından alınan örneklerde MDA miktarları ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler çizelgede incelendiğinde kuraklık stresi sonrasında tüm genotiplerin MDA miktarlarında artış meydana gelmiştir. Kuraklık stresindeki domates bitkilerinde MDA içeriğinin değişimi F1 domates çeşitlei arasında en fazla Tokat F1 (kontrol:1.935 nmol/g TA, kuraklık:3.935nmol/g TA) domates çeşidinde görülürken, en az değişim ise 1134 F1 (kontrol:2.710 nmol/g TA, kuraklık:3.419 nmol/g TA) domates çeşidinde görülmüştür. Standart domates çeşitleri arasında ise en az MDA değişimi Rio grande (kontrol:4.129 nmol/g TA, kuraklık:5.064 nmol/g TA) domates çeşidinde görülürken, en fazla MDA değişimi ise Falcon (kontrol:1.935

nmol/g TA, kuraklık:3.935nmol/g TA) domates çeşidinde beirlenmiştir. Yerli domates genotipleri arasında ise en az MDA değişimi Lice (kontrol: 4.0 nmol/g TA, kuraklık: 4.129 nmol/g TA) genotipinde gözlenirken, en fazla MDA değişimi ise Hilvan (kontrol:2.581 nmol/g TA, kuraklık:4.935 nmol/g TA) genotipinde görülmüştür (Çizelge 6).

Çizelge 6. Domates genotiplerinin kontrol ve kuraklık koşullarında MDA içeriği (nmol/g TA)

Genotip	Kontrol	Kuraklık	Değişim (%)
Lice	4.000 c	4.129 f	3.225
Hilvan	2.581 h	4.935 e	91.205
Ahlat	2.839 f	3.774 h	32.934
986	3.742 d	6.032 b	61.197
1134	2.710 g	3.419 ı	26.162
Tokat	1.935 ı	3.935 g	103.359
H2274	4.930 a	7.516 a	52.454
Riogrande	4.129 b	5.064 d	22.645
Falcon	3.613 e	5.548 c	53.557

Domates genotiplerinde uygulanan orta düzeyli kuraklık stresi sonucunda yaprak oransal su içeriği ile nispi büyüme oranı arasında pozitif bir korelasyon olduğunu ancak lipit peroksidasyonu (MDA), H₂O₂, fenolik içeriği ve prolin içeriği açısından negatif bir korelasyon olduğu vurgulanmıştır (Sanchez-Rodriguez ve ark. 2010).

Stres durumunda reaktif oksijen bileşiklerinin birikmesi, aslında hücrede yer alan metabolizmanın yapmış olduğu doğal bir görevidir ve sinyallerin iletilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Anjum ve ark., 2011; Cabello ve ark., 2014; Kabay ve Şensoy 2016; Kabay ve Şensoy 2017).

Yüksek oranda reaktif oksijen bileşiklerinin birikmesi halinde, lipit peroksidasyonunu, protein oranının düşmesi ve DNA parçalanmasını tetikleyerek hücrelerin ölümüne sebep olabilmektedir. Bu nedenle, kuraklık stresi esnasında meydana gelen reaktif oksijen bileşiklerinin düşürülmesi

bitkilerin stres koşulları ile başa çıkmasında önemli rol oynamaktadır. Bitkiler, reaktif oksijen bileşiklerinin birikimi ile ortaya çıkan oksidatif streslerle başa çıkmak için enzimatik (süperoksit dismutaz, peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz) veya enzimatik olmayan (glutasyon, askorbat, tokoferoller, karotenoidler) antioksidan moleküllerden faydalanırlar (Farooq ve ark. 2009; Dolferus, 2014; Osakabe ve ark., 2014). Kuraklık stresinin uygulandığı kavun genotiplerinde kuraklığa tolerant ve hassas genotipler arasında belirgin farklar olduğu ve hassas olan genotiplerin daha fazla olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (Kuşvuran ve Abak, 2012). Karpuz genotiplerinin, kuraklık toleransının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ise kuraklığa hassas olanların daha fazla etkilendiği belirtilmektedir (Karipçin, 2009).

Kuraklığa dayanıklı nohut çeşitlerinin denendiği çalışmada bütün nohut çeşitlerinde kuraklık stresine bağlı olarak H_2O_2 birikimi ve buna bağlı olarak lipid peroksidasyonunda artış gerçekleştiği bildirilmiştir (Güneri Bağcı, 2010).

Yapraklı sebzelerde su stresinin uygulandığı çalışmada, yaprak, kök verilerinin azaldığı, klorofil hızının düştüğü ve MDA içeriğinin ise %82 arttığı bildirilmektedir (Assaha ve ark. 2016). Fasulyede yapılan çalışmada kuraklık stresindeki bitkilerde MDA içeriğinin arttığı belirtilmektedir (Kuşvuran ve Daşgan 2017)

Kuraklık stresine maruz kalmış mercimek çeşitlerinde yapılan çalışmada mercimek bitkisinden alınan

gövde ve kök örneklerinin MDA ve H_2O_2 miktarları bakımından Seyran ve Çağıl çeşitleri sırasıyla kurağa dayanıklı ve hassas genotipler olduğu belirtilmiştir (Gökçay, 2012). Ayçiçeklerde yapılan çalışmada 50 mM NaCl uygulamasında Klorofil ve karotenoid içeriklerinde azalma olurken MDA içeriğinde ise arttığı belirtilmiştir (Kaya 2017).

Sonuç

Domates çeşitlerinde kuraklığa duyarlı ve tolerant genotiplerin klorofil, MDA içerikleri ve yaprak alanının incelendiği çalışmada tolerant ve duyarlı çeşitler arasında ciddi farklar görülmüştür. Kuraklık stresindeki domates bitkilerinde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarında azalma olduğu görülmektedir. Ancak kuraklığa hassas olan domates bitkilerinde ki azalma kuraklığa tolerant olan domates bitkilerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Domates çeşitlerinin MDA miktarı incelendiğinde tüm domates çeşitlerinde ve domates genotiplerde MDA içeriğinin arttığı görülmektedir. Kuraklık stresine tolerant olan domates bitkilerindeki yaprak alanları kuraklık stresine hassas olan domates bitkilerinin yaprak alanlarından daha büyük çıktığı görülmektedir. Çalışmamızın sonunda, Domates çeşitlerinde kuraklık stresinin etkilerini belirlemek amacıyla uyguladığımız parametrelerin, kuraklık stresine tolerant genotiplerin seçiminde uygun kriterler olduğu bir kez daha kanıtlanmıştır.

Kaynak

Altunlu, H., 2011. Aşılamanın Domateste Kuraklık Stresine Etkileri (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 98s. İzmir

Amira, M.S., 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
- Asraf, M., Foolad, M.R., 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59:206-216.
- Assaha, D. V. M., Liu, L., Ueda, A., Nagaoka, T., Saneoka, H., 2016. Effects of Drought Stress on Growth, Solute Accumulation and Membrane Stability of Leafy Vegetable, Huckleberry (*Solanum scabrum* Mill.). *Journal of environmental biology*, 37(1), 107.
- Blum, K., Lohmann, B., Taute, E., 1986. Angular Distribution and Polarisation of Auger Electrons. *Journal of Physics B: Atomic and Molecular Physics*, 19(22): 3815.
- Çakmakçı, R., 2009. Stres Koşullarında ACC Deaminaze Üretici Bakteriler Tarafından Bitki Gelişiminin Teşvik Edilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 40 (1): 109-125.
- Dolferus R., 2014. To Grow or Not to Grow: A Stressful Decision for Plants. *Plant Sci.*, 2229: 247-261.
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA., 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. *Agron. Sustain. Dev.*, 29: 185-212.
- Gökçay, D., 2012. Kuraklık Stresi Altında Türk Mercimek (*Lens culinaris*) Çesitlerinin Fizyolojik ve Biyokimyasal Taraması (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Güneri Bağcı, E., 2010. Nohut Çesitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi (Doktora tezi). Ankara üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, s. 403 Ankara.
- Kabay T., 2014. Van Gölü Havzası Fasulyelerinde Kuraklık ve Yüksek Sıcaklığa Tolerant ve Duyarlı Genotiplerin Belirlenmesi (Doktora tezi). Yüzüncü Yıl Ziraat Fakültesi.163. VAN
- 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., Erdinç. Ç., Şensoy S., 2017. Effects of Drought Stress on Plant Growth Parameters, Membrane Damage Index and Nutrient Content in Common Bean Genotypes. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(3), Page: 940-952
- Kaçar, B., Katkat, B., Öztürk, S., 2006. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayım Dağıtım. 2.493-533
- Karipçin, M. Z., 2009. Yerli ve Yabancı Karpuz Genotiplerinde Kuraklığa Toleransın Belirlenmesi (Doktora tezi). Çukurova üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Adana
- Kaya, A., 2017. Exogenous Ascorbic Acid Improves Defence Responses of Sunflower (*Helianthus Annuus*) Exposed to Multiple Stresses. *Acta Biologica Hungarica*, 68(3), 290-299.
- Khan, S. H., Khan, A., Litaf, U., Shah, A. S., Khan, M. A., 2015. Effect of Drought Stress on Tomato cv. Bombino. *J Food Process Technol*, 6(465), 2.
- Kıpçak, S., Erdinç, Ç., 2016. Van Gölü Havzası'nda Yetiştirilen Bazı Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Tuza Tolerans Seviyelerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl

- Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 421-429.
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2015. Domates, Patlıcan ve Kavun Genotiplerinin Kuraklığa Dayanım Durumlarını Belirlemeye Yönelik Olarak İncelenen Özellikler Arasındaki İlişkiler. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt 4, (2) 9-25 20
- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleranslı Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü s. 356, Adana.
- Kuşvuran, S., Abak, K., 2012. Kavun Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkileri. Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 28-5. Adana
- Kusvuran, S., Dasgan, H. Y., 2017. Effects Of Drought Stress On Physiological And Biochemical Changes İn Phaseolus Vulgaris L. *Legume Research: An International Journal*, 40(1).
- Lawlor, D. W., G. Cornic, 2002. Photosynthetic Carbon Assimilation and Associated Metabolism in Relation to Water Deficits in Higher Plants. *Plant, Cell and Environment*, 25: 2 275-294.
- Lichtenthaler HK, Wellburn A. R., 1983. Determinations of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf Extracts in Different Solvents. *Biomchem. Soc. Transac.*, 11:591-592.
- Nam, M., 2010. Patates Çeşitlerinin Yüksek Sıcaklık Stresine Toleranslarının Büyüme ve Verim Parametreleri ile Hücre Zarı Stabilitesi Yöntemine Göre 52 Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Hatay.
- Neto, N. B. M., Duraes, M. A. B., 2006. Physiological and Biochemical Response of Sccommon Bean Varieties Treated With Salicylic Acid Under Water Stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6:269-277.
- Osakabe Y, Osakabe K, Shinozaki K, Tran LP., 2014. Response of Plants to Water Stress. *Front. Plant Sci.*, 5: 86.
- Özen Ö. R HÇ, Onay A., 2007. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım.
- Özer, H., Karadoğan, T. ve Oral, E., 1997. Bitkilerde Su Stresi Ve Dayanıklılık Mekanizması Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 28 (3): 488-495, Erzurum
- Riccardi, M., Pulvento, C., Patanè, C., Albrizio, R., Barbieri, G., 2016. Drought Stress Response in Long-Storage Tomatoes: Physiological and biochemical traits. 25-35
- Sanchez-Rodriguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A., Ruiz, J. M., 2010. Genotypic Differences in Some Physiological Parameters Symptomatic for Oxidative Stress Under Moderate Drought in Tomato Plants. *Plant Science*, 178(1), 30-40.
- Selda, S., Ekinci M., 2015. Kuraklık Stresi ve Bitki Fizyolojisi. *Derim*, 32(2), 237-250.
- Sivakumar, R., Srividhya, S., 2016. Impact of Drought on Flowering, Yield and Quality Parameters in Diverse Genotypes of Tomato (*Solanum lycopersicum L.*). *Advances in Horticultural Science*, 30(1), 3-11.
- Visentin, I., Vitali, M., Ferrero, M., Zhang, Y., Ruyter-Spira, C., Novák, O., Cardinale, F., 2016. Low Levels of Strigolactones in

- Roots as A Component of The Systemic Signal of Drought Stress in Tomato. *New Phytologist*, 212(4), 954-963.
- Yağmur, M., Kaydan, D., ve Okut, N., 2006. Potasyum Uygulamasının Tuz Stresindeki Arpanın Fotosentetik Pigment İçeriği, Ozmotik Potansiyel, K^+/Na^+ Oranı İle Bitki Büyümesindeki Etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 2, 188-194.
- Zengin, F. K., 2007. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus Vulgaris* L. Cv. Strike) Pigment İçeriği Üzerine Bazı Ağır Metallerin Etkileri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* (10-2): 164-172.
- Zhou, R., Yu, X., Ottosen, C. O., Rosenqvist, E., Zhao, L., Wang, Y., Wu, Z., 2017. Drought Stress Had A Predominant Effect Over Heat Stress On Three Tomato Cultivars Subjected To Combined Stress. *BMC plant biology*, 17(1), 24.