

PATLICANDA TÜRLER ARASI MELEZLEMEDEN GELİŞTİRİLEN AÇILIM POPÜLASYONUNDA KURAKLIĞA TOLERANT BİREYLERİN SEÇİMİ

Esra CEBECİ^{1*}, Hatice Filiz BOYACI², Sevinç KIRAN³, Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU⁴

¹Dr., Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0003-0410-2453

²Doç. Dr., Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya; ORCID: 0000-0002-3799-4673

³Doç. Dr., Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara; ORCID :0000-0002-6756-0235

⁴Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Teknokent, Doqutech Acad. Ltd. Şti., Ankara; ORCID: 0000-0002-3851-466X

ÖZ

Kuraklık stresi diğer bitki türlerinde olduğu gibi patlıcan üretiminde de önemli verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Tolerant çeşitlerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması kalıcı bir çözüm olarak görülmektedir. Kuraklığa tolerant çeşitlerin geliştirilmesi için yabani akraba türler önemli genetik kaynaklardır. Bu çalışmada patlıcanın yabani akrabalarından kuraklığa tolerant olarak belirlenen *Solanum incanum* L. ile BATEM tarafından kültür formundan (*Solanum melongena* L.) geliştirilen agronomik özellikler bakımından üstün bir saf hattın (BATEM-TDC47) melezlenmesinden geliştirilen F₃ popülasyonuna ait 256 bitki, 3-4 yapraklı fide aşamasında kuraklık stresine tabi tutulmuştur. Bunun için 1:1 oranında torf, perlit karışımı ile doldurulmuş üç litrelik saksılarda bitkilere %75 kısıtlı sulama uygulanmıştır. Kontrol uygulamasındaki bitkilerde sulama düzenli olarak gerçekleştirilmiştir. Denemenin 25. gününde bitki boyları ölçülmüş ve 0-5 skalasına göre görsel değerlendirme yapılmıştır. Test edilen bitkiler seraya aktarılmış, bitki, yaprak ve meyve özelliklerini belirlemek amacıyla morfolojik gözlemleri yapılmıştır. Skala değeri '1' olan bireyler arasından seçilen 50 adet bitkinin lipid peroksidasyonu düzeyi ve prolin içeriği belirlenerek kuraklığa tolerans düzeyleri teyit edilmiştir. Bu bitkilerde kuraklığa tolerant saf hat oluşturmak üzere kendileme yapılarak kademe ilerletilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Abiyotik stres, MDA, *Solanum incanum*, prolin, tolerans

SELECTION OF DROUGHT TOLERANT INDIVIDUALS IN SEGREGATING POPULATIONS GENERATED BY INTERSPECIFIC CROSS IN EGGPLANT

ABSTRACT

Drought stress causes significant yield and quality losses in eggplant production, as in other plant species, and the development and dissemination of tolerant varieties may be a permanent solution. Wild related species are important genetic resources for the development of drought tolerant varieties. In this study, 256 plants belonging to the F₃ population developed by crossing *Solanum incanum* L., which is known as drought tolerant, one of the wild relatives of eggplant, and a pure line (BATEM-TDC47) developed by BATEM from its culture form (*Solanum melongena* L.) in terms of agronomic characteristics, seedlings with 3-4 leaves were subjected to drought stress test. For this, 75% limited irrigation was applied to the plants in three-liter pots filled with a 1:1 mixture of peat and perlite. Irrigation was carried out regularly in the plants in the control application. Plant heights were measured on the 25th day of the experiment and visual evaluation was made according to the 0-5 scale. The tested plants were transferred to the greenhouse and morphological observations were made to determine plant, leaf and fruit characteristics. MDA (malondialdehyde) and proline analysis of 50 plants selected from individuals with a scale value of '1' were performed to confirm their drought tolerance levels. In these plants, it was ensured to progress step by step by selfing to form a drought tolerant pure line.

Keywords: Abiotic stress, MDA, *Solanum incanum*, proline, tolerance

GİRİŞ

Patlıcan (*Solanum melongena* L.) dünyada en çok tüketilen domates, patates ve biber türlerini de içeren *Solanaceae* familyasının bir üyesidir ve birincil gen merkezi Hindistan'dır. Fenolik içerik bakımından zengin, antioksidan kapasitesi ve besleyiciliği yüksek [6, 37] olmasına rağmen patlıcanda yapılan ıslah çalışmaları sınırlı düzeyde kalmıştır [8]. Dünyada

ağırlıklı olarak Asya kıtası ile Akdeniz ülkelerinde kısmi olarak da Afrika kıtası ile Güney Amerika gibi subtropik iklim kuşağında yer alan ülkelerde yetiştirilmekte ve tüketilmektedir [8, 28, 5]. Patlıcan ülkemizde hem açıkta hem de örtüaltında yetiştirilmektedir [4]. Patlıcan üretimini kısıtlayan en önemli faktörler biyotik ve abiyotik streslerdir [34]. İklim değişikliği sonucu ortaya çıkan abiyotik stresler

*Sorumlu yazar / Corresponding author: esrac3@hotmail.com

ürünlerde verim ve kaliteyi önemli ölçüde düşürmektedir [21, 25, 2].

Küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeni ile dünya üzerinde bazı ülkeler kuraklıkla, bazı ülkeler ise şiddetli yağmurlar sonucu oluşan sellerle mücadele etmektedir [33]. Abiyotik streslerden kuraklık, yüksek sıcaklık, tuzluluk, su baskınları ve toprak kirliliği gibi çevresel faktörler patlıcanda çeşitli zararlarla, verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır [35]. Ülkemizde patlıcan yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı Akdeniz ve Ege bölgeleri iklim değişikliği sonucu artan sıcaklık ve azalan yağış nedeni ile kurak, yarı kurak iklim kuşağına geçme tehlikesi altındadır [38].

Patlıcanda sulamanın azaltılması ile kök, gövde, yaprak gibi farklı bitki kısımlarında taze ağırlığın, yaprak su içeriğinin ve klorofil düzeyinin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir [9]. Bunun gibi, su kısıtı tam sulamanın %20'sinden %40'na doğru daha etkili biçimde azaltıldığında, verimdeki kayıpların %60'lara ulaştığı tespit edilmiştir [15]. Yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı alanlarda kuraklığa karşı alınabilecek bazı kültürel önlemler olsa da bunlar sınırlı ve ekonomik açıdan maliyetli [16] olduğu için bitki ıslah programları ile kuraklığa tolerant çeşitlerin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması en etkili yöntem olarak görülmektedir [12].

Patlıcanın kültür formları abiyotik streslere, karşı hassas olarak bilinmekte olup ekonomik düzeyde önemli ve yeterli verim elde edebilmek için özellikle toprak neminin homojen olmasına ihtiyaç duymaktadır [7, 36]. Patlıcanın bazı yabani akrabalarından *S.anguivi*, *S.insanum* [30], *S.elaeagnifolium* [10], *S.sysimbriifolium*, *S.insanum* ve *S.dasyphyllum* [20], *S.incanum*, *S.pyracanthos*, *S.dasyphyllum* ve *S.torvum* [32]'un kuraklığa karşı toleranslarının kültür patlıcanına göre daha yüksek olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu yabani türlerle *S.melongena* arasındaki melezlemelerden elde edilen bazı hibritlerin de kısıtlı su etkisi altında ebeveynlerine göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir [30]. Yabani patlıcan türleri olumsuz çevre koşullarına kolaylıkla uyum sağlayabilmekte ve gelişimini sürdürebilmektedir. Bu adaptasyon özelliği türler arası melezlemeler yoluyla kültür formuna aktarılabilir [19, 30].

Sunulan bu çalışmada, kuraklığa tolerant hat geliştirmek üzere *Solanum incanum* L.'un *S.melongena* L.'ya ait bir saf hatla melezlemesinden geliştirilen F₃ kademesindeki açılım popülasyonunun kısıtlı su koşulları altında tolerans düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada stres testleri 2021 yılı ilkbahar yetiştirme döneminde Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Antalya-Serik-Kocayatak yerleşkesinde bulunan Sebzeçilik ve Süs Bitkilerine ait 100 m²'lik cam kompartıman ve plastik serada yürütülmüştür. Biyokimyasal analizler Ankara'da bulunan Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak, TAGEM/BBAD/10/A09/P01/12 no.lu "Patlıcan Islahı Programları için Nitelikli Genitörlerin (Yarıyol Materyali) Geliştirilmesi ve Tohum Teknolojisi Projesi" kapsamında kültür formundaki (*S.melongena* L.) BATEM-TDC47 kodlu saf hattının ana ve *S.incanum* L.'un baba olarak kullanıldığı türler arası melezleme programından üretilen F₃ popülasyonuna ait 256 adet bitki ile F₁ ve ebeveynlerine ait 60'ar adet bitki kullanılmıştır.

Metot

Tohumlar 2021 yılı Mart ayında 1:1 oranında torf:perlit içeren 10×15 gözlü 150'lik viyollere ekilmiş, çimlenmeyi takiben fideler 2-3 yapraklı hale gelinceye kadar gerekli kültürel işlemler yapılmış ve Hoagland besin solüsyonu ile sulanmıştır [13]. Fideler 2-3 yapraklı aşamaya geldikleri 15 Nisan 2021 tarihinde 1:1 oranında torf:perlit karışımı ile doldurulan 3 litrelik saksılara her saksıda iki bitki olacak şekilde şaşırtılmıştır. Bitkilerin saksı ortamına alışması ve kök sisteminin uyum sağlaması için fideler iki hafta boyunca düzenli bir şekilde Hoagland solüsyonu ile sulanmıştır. Kısıtlı su uygulamasına 30 Nisan 2021 tarihinde başlanmış, F₃ popülasyonunun tamamı ile F₁ ve ebeveyn bitkilerinin üç tekerrürden 10'ar adet bitkisi kontrole göre %75 kısıtlı su ile sulanarak strese tabi tutulmuşlardır. Başlangıçta saksılar tam sulama düzeyinde sulanmış ve daha sonra saksı ağırlıkları hesaba katılarak günlük olarak tartım yapılmıştır [18]. Kontrol grubu olarak F₁ ile her iki ebeveynin üç tekerrüründen 10'ar adet bitkisi tam sulama ile sulanmıştır. Uygulamanın 25. gününde deneme sonlandırılarak gözlemler alınmıştır. Denemeye konu olan tüm bitkilerin, bitki boyları cetvel yardımı ile kök boğazından itibaren ölçülmüş, stres uygulaması ile meydana gelen zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek amacıyla görsel bir skala kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla zararlanma derecesine göre bitkilere 0'dan

5'e kadar puan verilmiştir. Buna göre; 0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri), 1: Büyümede yavaşlama, 2: Alt yapraklarda solgunluk, 3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk, 4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı, 5: Bitkide solma ve alt yapraklarda kuruma [24, 17].

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan fenotipik kriterler ile ölçüm ve gözlem yöntemleri

Table 1. The phenotypic criterias and observation methods used in the study

No	Fenotipik Tanımlama Kriteri	Açıklama
1	Bitki büyüme şekli	1=çok dik; 3=dik; 5=orta; 7=çalımsı
2	Yaprakta lob sayısı	1=çok az; 3=az; 5=orta; 7=kuvvetli; 9=çok kuvvetli
3	Bitkide antosiyanin dağılımı	1=yok; 3=az; 5=orta; 7=yüksek
4	Yaprakta antosiyanin dağılımı	1=yok; 3=az; 5=orta; 7=yüksek
5	Yaprakta dikenlilik	1=yok; 3=çok az (1-2); 5=az (3-5); 7=orta (6-10); 9=fazla (11-20); 11=çok fazla(>20)
6	Yaprak tüylülüğü	1=yok; 3=az; 5=orta; 7=yüksek
7	Salkımdaki çiçek sayısı	Sayılmıştır
8	Meyve yükü	1=çok az; 3=az; 5=orta; 7=yüksek; 9=çok yüksek
9	Yaprak eni	Cetvelle ölçülerek cm olarak belirlenmiştir (her bitkide en iyi durumdaki 3 yaprağın eni ölçülerek ortalaması alınmıştır)
10	Yaprak boyu	Cetvelle ölçülerek cm olarak belirlenmiştir (her bitkide en iyi durumdaki 3 yaprağın boyu ölçülerek ortalaması alınmıştır)
11	Bitki yüksekliği	Kök boğazından, büyüme ucuna kadar olan bitki yüksekliği şerit metre ile ölçülerek cm olarak belirlenmiştir
12	Meyve şekli	1=uzun; 3=oval; 5=yuvarlak; 7=çizgili
13	Baskın meyve rengi	1=koyu yeşil; 3=yeşil; 5=açık eflatun; 7=koyu eflatun; 9=mor; 11=koyu mor; 13=siyah
14	Meyvede ikincil renk	1=koyu yeşil; 3=yeşil; 5=açık eflatun; 7=koyu eflatun; 9=mor; 11=koyu mor; 13=siyah
15	Meyvede parlaklık	1=mat; 3=orta; 5=parlak
16	Meyvede eğrilik	1=yuvarlak; 3=eğrilik yok; 5=hafif eğri; 7=eğri; 9=S şekilli; 1=U şekilli
17	Meyvede oluk varlığı	1=yok; 3=az; 5=orta; 7=çok
18	Kaliksın meyveyi kaplama oranı	1=%10'dan az; 3=%10-20; 5=%20-30; 7=%30-40; 9=50 ve fazlası
19	Meyvede sertlik	1=yumuşak; 3=orta; 5=sert
20	Meyve ağırlığı	Terazi ile tartılarak g olarak kaydedilmiştir (her bitkiden 2-3 meyve tartılarak ortalaması alınmıştır).
21	Meyve boyu	Cetvel ile ölçülmüş cm olarak belirlenmiştir (her bitkiden 2-3 meyve ölçülerek ortalaması alınmıştır).
22	Meyve eni	Kumpas ile ölçülerek cm olarak belirlenmiştir (her bitkiden 2-3 meyve ölçülerek ortalaması alınmıştır).
23	Meyve boy/en oranı	Hesaplanmıştır.
24	Meyve sapı uzunluğu	Cetvel ile ölçülerek belirlenmiştir (her bitkiden 2-3 meyve ölçülerek ortalaması alınmıştır).
25	Kalikte diken varlığı	1=yok; 3=çok az (1-2); 5=az (3-5); 7=orta (6-10); 9=fazla (11-20); 11=çok fazla (>20)

Görsel skala değerlerine göre açılım popülasyonundan 0-1 puan aralığında olan 50 adet F₃

bitkisi ile F₁ ve ebeveyn bitkilerinin kontrol ve uygulama gruplarından MDA ve prolin analizleri için yaprak örnekleri alınmıştır. Örnekler analizlerin yapılması için Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü laboratuvarına gönderilmiştir. Lipid peroksidasyonunun (MDA) ölçümü Lutts ve ark. [27]'na göre yapılmıştır. Bunun için her bitkiden aynı şekilde sürgün ucundan itibaren geriye doğru sayılarak üçüncü yaprak alınmıştır. Bitkilerde stres altında hücre zarında meydana gelen hasarın ifade edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri olan lipid peroksidasyonunun ürünü 'malondialdehit (MDA)' miktarı, µmol/g T.A olarak belirlenmiştir [16].

Prolin konsantrasyonu Bates ve ark. [3] tarafından geliştirilen metot kullanılarak taze yaprak örneklerinden elde edilen özütün absorbans değerinin spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okunması ile µmol g⁻¹ K.A olarak belirlenmiştir.

Skala değeri 0-1 aralığında olan bitkiler plastik seraya aktarılmıştır. Bitkilere destek sağlamak amacı ile ip askı kullanılmış, toprak analiz sonuçlarına göre tavsiye edilen gübre dozları ve sulama düzeni uygulanarak yetiştirilmiştir. Fenotipik özelliklerden oluşan 25 adet tanımlama kriterinden (Çizelge 1) faydalanılarak tanımlamaları yapılmış, F₄ nesli elde edilmek üzere tohumlarının çoğaltımı için kendileme işlemlerine tabi tutulmuşlardır.

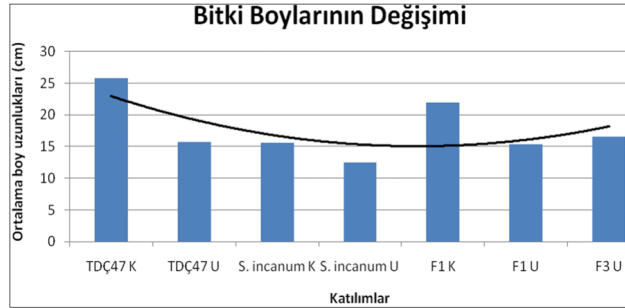
BULGULAR VE TARTIŞMA

Kuraklık stresine tâbi tutulan tolerant (*S.incanum* L.) ve hassas (BATEM-TDC47) ebeveynler ile bunların F₁ melezlerinin denemenin 25. gününde ölçülen bitki boyları açısından kontrol ve uygulama grupları arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Aynı zamanda kuraklık stresi altında F₃ popülasyonu bitki boyları açısından geniş bir dağılım sergilemiştir. Tolerant *S.incanum* genotipinin stres uygulanmış grubunda ortalama bitki boyu 12.53 cm olarak ölçülürken, kontrol grubunun bitki boyu ortalama 15.60 cm olarak bulunmuştur. Stres uygulaması iki grup arasında %20 değişim yaratmıştır. Hassas genotip BATEM-TDC47'nin stres uygulanmış grubunda ortalama bitki boyu 15.76 cm, kontrol grubunun 25.83 cm olarak belirlenmiştir. İki grup arasında değişim %39 olarak gerçekleşmiştir. F₁ bitkilerinde ise ortalama değerler kontrol grubunda 22.00 cm, uygulama grubunda 15.33 cm, değişim ise %30 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). F₁ grubu ve hassas ebeveynin % değişimlerinin tolerant genotipe göre değerlerinin birbirine yaklaşık olduğu belirlenmiştir. Test edilen kontrol ve uygulama grupları ile F₃ popülasyonunun ortalama boy uzunlukları grafik olarak Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ebeveynler, F₁ ve F₃ kademedede yer alan bitkilerin boy uzunluklarına fide döneminde uygulanan %75 su kısıtının etkileri

Table 2. The effect of 75% water deficit on the plant height applied during the seedling period

Özellik	<i>S. incanum</i>		TDC47		TDC47× <i>S. incanum</i>		F ₃
	Kontrol	Uyg.	Kontrol	Uyg.	Kontrol	Uygulama	Uyg.
En kısa bitki boyu (cm)	12.53	9.50	20.00	11.00	16.00	9.50	10.00
En uzun bitki boyu (cm)	18.00	15.0	31.00	21.00	25.00	18.00	19.50
Ortalama bitki boyu (cm)	15.60	12.53	25.83	15.76	22.00	15.33	16.53
Standart sapma	1.56	1.92	4.09	3.85	2.49	2.52	2.18
% değişim	%20		%39		%30		-



Şekil 1. Su kısıtının denemede yer alan ebeveyn, F₁ ve F₃ bitkilerinin boyları üzerine etkisi (K: Kontrol, U: Uygulama)

Figure 1. The effect of water deficit on the plant height of parent, F₁ and F₃ plants in the experiment (K: Control, U: Application)

Semida ve ark. [36], patlıcanda yapılan kısıtlı su uygulamasının bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı gibi büyümenin göstergesi olan morfolojik özellikleri önemli düzeyde etkileyip azalttığını bildirmişlerdir. Fita ve ark. [10], patlıcanda kuraklığa toleransı belirlemek için yaptıkları çalışmada kullandıkları genotiplere ve protokole göre en ayırt edici karakterin bitki boyu ve yaş ağırlık olduğunu ifade etmişlerdir.

Kuraklık stresinin F₃ popülasyonunda oluşturduğu etkileri morfolojik olarak belirlemek için kullanılan 0-5 skalasına göre denemenin 25. gününde yapılan gözlemler sonucunda 100 adet bitki '1', 134 adet bitki '2', 17 adet bitki ise '3' değerini alırken 0, 4 ve 5 skala değerlerinde bitki tespit edilmemiştir. Denemede '1' skala değeri alan bitkiler tolerant olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Kıran ve ark. [17] patlıcanda yaptıkları çalışmada '1' skala değeri alan genotipleri tolerant olarak tespit etmişlerdir ve sonuçlarımız bu çalışmayla uyumludur. Ayrıca kavunda [23], bezelyede [1], kivide [40] yapılan çalışmalarda 0-5 skalasının kuraklığa toleransı

belirlemede etkili bir araç olduğunu ortaya konmuştur.



Şekil 2. a-Denemenin kurulduğu kompartımandan genel görünüm, b-F₃ kademedeki açılım popülasyonunda kuraklık uygulamasının 25. gününde farklı bitkilerin kuraklığa verdiği tepkiler (252:hassas, 251:tolerant)

Figure 2. a-General view from the compartment in which the experiment was established, b-The responses of F₃ population on the 25th day of drought application (252:sensitive, 251:tolerant)

Skala değeri '1' olan bitkiler arasında morfolojik özellikler açısından arzu edilen karakterlere sahip 50 bitkinin stres anındaki tepkilerini tespit etmek için yapraklarında belirlenen MDA birikimleri ortalama 1.83 nmol/g TA olarak belirlenmiştir. Kuraklık stresi altındaki F₁ bitkilerinde ortalama 1.46 nmol/g TA, ebeveynlerden *S. incanum* L.'da 1.84, TDC47'de 1.56 nmol/g TA, kontrol grubunda ise bu değerler sırası ile 1.13, 1.52 ve 1.15 nmol/g TA olarak belirlenmiştir. Plazas ve ark. [31], açık tozlanan 4 patlıcan çeşidini kuraklık stresine tâbi tutup MDA düzeylerindeki değişimi incelemiş, sadece 2 çeşitte kuraklık etkisi ile MDA miktarında artış olduğunu ancak bu artışın kontrol uygulamasından elde edilen MDA miktarından çok fazla olmadığını az bir fark olduğunu açıklamışlardır. Bu çalışmada kullanılan ebeveynler araştırmacıların daha önce yaptığı gen havuzunun taranması çalışmasında kuraklığa karşı fenotipik olarak gözlenmiş ve tolerant olarak belirlenmişti. Nitekim ebeveyn ve melez bitkilerin stres uygulanmış bitkilerinde kontrole göre MDA miktarında fazla bir artış meydana gelmemiştir. Bu, daha önce yapılan seleksiyonun etkili olduğunu göstermektedir. Patlıcanda Kıran ve ark. [16] tarafından yapılan çalışmada, skala değeri ile MDA miktarı arasında etkin bir korelasyon olduğu ve skala değeri azaldıkça MDA değerinin de azalacağı bildirilmiştir. Benzer şekilde fasulyede [14] ve domateste [39] yapılan çalışmalarda stres uygulanan bitkilerde hücre zarında meydana gelen zararlanmanın derecesine göre MDA içeriğinin artış gösterdiği, dolayısıyla MDA içeriği arttıkça genotipin kuraklığa toleransının azaldığı belirlenmiştir. Kıran

ve ark. [18], kuraklık stresinin MDA miktarını kontrol bitkilerine göre önemli seviyede yükselttiğini, stresten çok etkilenen hassas genotiplerde daha yüksek MDA biriktiğini saptamışlardır. Bu çalışmada F₁ bitkileri ve ebeveynlerle kurulan 2 tekerrürlü denemede literatür bildirişlerine paralel olarak kısıtlı sulama uygulanan bitkilerde kontrole göre MDA miktarında artış olduğu gözlenmiştir.

F₃ popülasyonunun seçilen 50 bitkisinde yapılan prolin analizine göre; stres uygulanan ebeveyn bitkilerden alınan yaprak örneklerinde, kontrol uygulamasına göre prolin miktarının 2-3 kat daha yüksek olduğu saptanmıştır. Buna göre *S.incanum* L.'da prolin miktarı ortalama 6.22 µg g⁻¹, TDC47'de 5.71 µg g⁻¹ ve TDC47×*S.incanum* melezinde ise 7.16 µg g⁻¹ olarak belirlenmiştir. F₃ popülasyonunda prolin miktarı 3.06 ile 34.05 µg g⁻¹ arasında değişmiş ortalama 13.16 µg g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Domateste yapılan bir çalışmada susuz bırakılan bitkilerin prolin gibi ozmolitleri yapraklarında biriktirip kendilerini nispeten koruma altına aldıkları tespit edilmiştir [29]. Çeltik gibi çok su tüketen bir türde yapılan bir çalışmada bazı çeşitlerde kuraklık etkisi ile bitki dokularında biriken prolin miktarının daha fazla olduğu ve bu bitkilerin kuraklığa karşı daha tolerant olduğu tespit edilmiş olup araştırmacılar, prolin miktarını tespit etmenin kuraklığa toleranslı bitkilerin seçiminde güvenilir bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir [26].

Araştırmada ayrıca, fide döneminde uygulanan şiddetli su kısıtı sonucu bitkilerde oluşan zararlanmanın derecesi 0-5 görsel skalası kullanılarak belirlenmiş ve bu skalaya göre en az zararlanma gösteren (1 numaralı grup) bitkiler seçilerek bunlardan yaprak örneği alınmıştır. Bu yaprak örneklerinde yapılan analizlerden elde edilen MDA ve prolin değerlerine bakıldığında, F₃ popülasyonundan alınan örneklerin prolin miktarı ortalamasının ebeveyn ve F₁ bitkilerinin prolin miktarı ile kıyaslandığında 2 katından daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu durum stres uygulanan bitkilerde seleksiyon yaparken kullandığımız 0-5 skalasının etkin ve kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Böylece kimyasal analiz yapmanın maliyetli olduğu yüksek sayıda bitki ile çalışılan ıslah projelerinde tolerant bitkileri belirlemek için ön seleksiyon yaparken fenotipik gözlemlerin kullanılabilmesi anlaşılmıştır.

Bitki boyu, skala değeri, MDA ve prolin analiz sonuçlarına göre kuraklık stresine tolerant olarak belirlenen ve seraya dikilerek normal sulama koşulları altında yetiştirilen bitkilerin 25 tanımlayıcı morfolojik kriter kullanılarak gözlem yapılmıştır. Fenotipik karakterizasyona ait nitel gözlem sonuçları

Çizelge 3'de verilmiştir. Gözlem sonuçları incelendiğinde bitkilerin genellikle büyüme şeklinin ne dik ne yaygın olduğu, yaprakta lob sayısının ortalama düzeyde olduğu, bitkilerin genellikle az da olsa dikenli ve tüylü olduğu anlaşılmıştır. Dikenlilik özelliği istenmeyen bir özelliktir, ıslah programlarında yapılan geriye melez çalışmaları ile dikensiz ve kuraklığa tolerant hatlar geliştirilecektir. Hatların meyve yükü orta ve yüksek seviyede olarak belirlenmiştir. Bu olumlu bir özelliktir. Meyvelerin büyük çoğunluğunun yumuşak yapıda olduğu, bunun da patlıcanda raf ömrünü olumsuz etkileyen, istenmeyen bir özellik olduğu bilinmektedir. Bitkide ve yaprakta antosiyanin varlığına çoğu bitkide rastlanmadığı, meyvelerin tamamının uzun olduğu, meyve kabuk renginin yeşil çizgili açık mor olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, meyvelerin oluklu bir yapıda olduğu ve 2/3'nün hafif eğri, kalanların ise eğri yapıda olduğu tespit edilmiştir.

Fenotipik karakterizasyona ait bitki boyu, yaprak eni, yaprak boyu, meyve ağırlığı gibi nicel veriler Çizelge 4'de yer almaktadır. Buna göre bitki boyları 57 cm ile 112 cm arasında değişmiş, ortalama 93.3 cm olarak belirlenmiştir. Meyve boyları 12.5 ile 27 cm arasında değişen değerler almış, ortalama meyve boyu 17.2 cm olarak ölçülmüştür. Meyve ağırlıkları 136 g ile 357 g arasında değişmiş, ortalama meyve ağırlığı ise 243.6 g olarak tespit edilmiştir.

Bitkiler çiçeklenmeye başladığında kendileme çalışmaları yapılarak tohum alınmış ve tolerant olarak belirlenen bu aday hatlarda kademe ilerletilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3. Kuraklığa tolerant olarak tespit edilip seraya aktarılan F₃ kademesindeki bitkiler
Figure 3. F₃ plants determined as drought tolerant and transferred to the greenhouse

Türler arası melezleme ile yabancı türlerde bulunan bazı genlerin kültür patlıcanına aktararak genetik çeşitliliğin artırılması sağlanır [19, 30]. Bu çeşitlilik arasında ortaya çıkan kuraklığa tolerant yeni

genotiplerin ıslah programına dahil olabilmesi için test edilen hatların fenotipik karakterizasyonunun doğru ve güvenilir bir şekilde yapılması gerekmektedir [11]. Yapılan bu çalışmada tolerant olarak tespit edilen genotiplerin ıslah programlarında değerlendirilebilmesi için fenotipik karakterizasyonu, patlıcana uygun yeterli sayıda morfolojik kriter kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Kuraklığa tolerant olarak belirlenen F₃ kademesindeki 50 hattın bazı fenotipik özellikleri

Table 3. Some phenotypic characteristics of 50 lines selected as drought tolerant

No	Fenotipik tanımlama kriteri	Gözlem sonucu (*sayılar, hangi özellikte kaç adet hat bulunduğunu göstermektedir)
1	Bitki büyüme şekli	16=dik, 34=dik ve çalimsı arası orta düzeyde gelişim gösteren
2	Yaprakta lob sayısı	13=zayıf, 34=orta seviyede, 3=kuvvetli
3	Bitkide antosiyanin dağılımı	29=yok; 15=az; 6=orta
4	Yaprakta antosiyanin dağılımı	39=yok; 11=az;
5	Yaprakta dikenlilik	1=yok; 41=çok az (1-2); 8=az (3-5);
6	Yaprak tüylülüğü	2=yok; 40=az; 8=orta
7	Salkımdaki çiçek sayısı	Tamamında 3-4 tane olarak belirlenmiştir.
8	Meyve yükü	6=az; 24=orta; 20=yüksek
9	Meyve şekli	Tamamı uzun
10	Baskın meyve rengi	Tamamı açık mor
11	Meyvede ikincil renk	Tamamı yeşil
12	Meyvede parlaklık	25=orta; 25=parlak
13	Meyvede eğrilik	36=hafif eğri; 14=eğri
14	Meyvede oluk varlığı	2=yok; 16=az; 23=orta; 9=çok
15	Kaliksın meyveyi kaplama oranı	45=%10'dan az; 5=%10-20 arası
16	Meyvede sertlik	32=yumuşak; 12=orta; 6=sert
17	Kalikte diken varlığı	1=yok; 22=çok az (1-2); 27=az (3-5)

Çizelge 4. Kuraklığa tolerant olarak belirlenen F₃ kademedeki 50 hattın bazı fenotipik özelliklerine ait sayısal veriler

Table 4. Numerical data of some phenotypic characteristics of 50 lines in the F₃ stage determined as drought tolerant

Gözlemler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart hata
Bitki yüksekliği (cm)	57.0	112.0	93.3	10.59
Yaprak eni (cm)	10.5	24.5	18.1	3.61
Yaprak boyu (cm)	11.0	24.0	16.5	3.86
Meyve boyu (cm)	12.5	27.0	17.2	3.13
Meyve eni (cm)	3.7	6.1	4.8	0.44
Meyve boy/en oranı (cm)	2.6	5.2	3.6	0.64
Meyve ağırlığı (g)	136.0	357.0	243.6	53.6
Meyve sapı uzunluğu (cm)	4.0	9.3	6.0	1.12

SONUÇ

Bu çalışma kültür patlıcan hattı BATEM-TDÇ47 ile yabani bir akraba tür olan *Solanum incanum* L.'nin türler arası melezinden geliştirilen F₃ popülasyonu içerisinde kuraklığa en tolerant aday hatların belirlenmesi için yapılmıştır. Patlıcanda kuraklığa tolerant hat geliştirmeyi amaçlaması bakımından

çalışma ilk olma özelliğine sahiptir. Ayrıca bu çalışma ile kuraklık stresi altında bitkilerde meydana gelen fenotipik değişimler bitki boyları ölçülerek ve 0-5 skalası kullanılarak gözlenmiş bu verilere dayanarak yapılan seleksiyon sonucu belirlenen bitkilerin MDA ve prolin içerikleri analiz edilmiştir. Böylece kuraklık stresi etkisi ile dokularda artan prolin miktarının görsel değerlendirme sonucu elde ettiğimiz sonuçlarla örtüştüğü, ileride yapılacak benzer ıslah çalışmalarında kimyasal analiz metodunun maliyetli olabileceği durumlarda tolerant hat seçiminde skala ile görsel değerlerin kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Burada kuraklığa tolerant olarak belirlenen 50 adet hattın morfolojik karakterizasyonu yapılmış ve kendilenerek F₄ kademesine ilerlemeleri sağlanmıştır. Önümüzdeki dönemlerde benzer şekilde seleksiyon ve kendileme çalışmaları ile kuraklığa tolerant saf hatların elde edilmesi sağlanacaktır. Bu çalışmanın devam ettirilmesi ile elde edilecek kuraklığa tolerant saf hatlar aşılama uygulamalarında anaç olarak kullanılabilirliği gibi ıslah programlarına dahil edilerek kuraklığa tolerant kültür çeşitleri geliştirmede de kullanılabilirlerdir. Ayrıca geliştirilen hatlar kuraklığa toleransı sağlayan genlerin moleküler yöntemlerle haritalanması çalışmaları için materyal olarak kullanılma potansiyeline sahiptir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar olarak bu çalışmayı “Patlıcanda Türler arası Melezleme ile Tuz ve Kuraklık Streslerine Tolerant Hatların Geliştirilmesi” (Proje No: TAGEM/BBAD/B/20/A1/P1/1476) projesi kapsamında destekleyen Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)’ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ajayi, A.T., Gbadamosi, A.E., Olumekun, V.O., 2018. Screening for drought tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) at seedling stage under screen house condition. International Journal of BioSciences & Technology 11(1).
- Athar, H.R., Ashraf, M., 2009. Strategies for crop improvement against salinity and drought stress: an overview. Salinity and Water Stress, pp:1-16.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39(1):205-207.
- Boyacı, H.F., Oğuz, A., Ünlü, M., Eren, A., Topçu, V., Erkal, S., 2009. Partenokarp ve

- partenokarp olmayan patlıcanların bazı vejetatif ve generatif gelişme parametreleri arasında ilişkiler. *Derim* 26(2):28-39, ISSN:1300-3496.
5. Boyacı, H., Topçu, V., 2014. Development of eggplant hybrid cultivar ‘Batem Filizi’ and determination of yield performance. *Derim* 31(2):11-22.
 6. Cao, G.H., Sofic, E., Prior, R.L., 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *J. Agric. Food Chem* 44:3426-3431.
 7. Çolak, Y.B., Yazar, A., Gönen, E., Eroğlu, E., 2018. Yield and quality response of surface and subsurface drip-irrigated eggplant and comparison of net returns. *Agric. Water Manag.* 206:165-175.
 8. Daunay, M.C., 2008. Eggplant. In Prohens J, Nuez F, editors. *Handbook of Plant Breeding-Vegetables II*. New York: Springer. pp:163-220.
 9. Diaz-Perez, J.C., Eaton, T.E., 2015. Eggplant (*Solanum melongena* L.) plant growth and fruit yield as affected by drip irrigation rate. *HortScience* 50(11):1709-1714.
 10. Fita Fernández, A.M., Fioruci, F., Plazas Ávila, M.D.L.O., Rodríguez Burruezo, A., Prohens Tomás, J., 2015. Drought tolerance among accessions of eggplant and related species. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Horticulture*, 72(2):461-462.
 11. Gaufichon, L., Prioul, J.L., Bachelier, B., 2010. What are the prospects for genetic improvement in drought-tolerant crops? *Fondation Farm press* 52p.
 12. Gramazio, P., Prohens, J., Plazas, M., Mangino, G., Herraiz, F.J., Vilanova, S., 2017. Development and genetic characterization of advanced backcross materials and an introgression line population of *Solanum incanum* in a *S. melongena* back ground. *Frontiers in Plant Science* 8:1477.
 13. Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Stn. Circ.* 347, 39p., New York.
 14. Kandemir, D., Balkaya, A., Taşan, M., Kobal Bekar, N., Cemek, B., Teksöz, E., 2018. Nitelikli taze fasulye hatlarının kuraklığa dayanım düzeylerinin belirlenmesi ve kuraklık stresinde geliştirdikleri savunma mekanizmalarının incelenmesi. *TÜBİTAK TOVAG* 116O881 no.lu Proje Raporu, 142s.
 15. Karam, F., Saliba, R., Skaf, S., Breidy, J., Roupheal, Y., Balendonck, J., 2011. Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under full and deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management* 98(8):1307-1316.
 16. Kiran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2015. Domates, patlıcan ve kavun genotiplerinin kuraklığa dayanım durumlarını belirlemeye yönelik olarak incelenen özellikler arasındaki ilişkiler. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(2):9-25.
 17. Kiran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2016. Tuza tolerant ve hassas patlıcan genotiplerinin kuraklık stresi koşullarında bazı morfolojik özelliklerinde meydana gelen değişimler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 21(2):130-138.
 18. Kiran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay F., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., 2019. Change of physiological and biochemical parameters under drought stress in salt-tolerant and salt-susceptible eggplant genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 43(6):593-602.
 19. Kouassi, B., Prohens, J., Gramazio, P., Kouassi, A.B., Vilanova, S., Galán-Ávila, A., Plazas, M., 2016. Development of backcross generations and new interspecific hybrid combinations for introgression breeding in eggplant (*Solanum melongena*). *Scientia Horticulturae* 213:199-207. doi:10.1016/j.scienta.2016.10.039.
 20. Kouassi, A.B., Kouassi, K.B.A., Sylla, Z., Plazas, M., Fonseka, R.M., Kouassi, A., Prohens, J., 2021. Genetic parameters of drought tolerance for agromorphological traits in eggplant, wild relatives, and interspecific hybrids. *Crop Science* 61(1):55-68.
 21. Kirnak, H., Tas, I., Kaya, C., Higgs, D., 2002. Effects of deficit irrigation on growth, yield and fruit quality of eggplant under semi-arid conditions. *Australian Journal of Agricultural Research* 53(12):1367-1373.
 22. Kuşvuran, S., Daşgan, H.Y., Küçükkömürcü, S., Abak, K., 2009. Relationship between drought tolerance and stomata density in melon. In *IV International Symposium on Cucurbits* 871:291-300.
 23. Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana*.
 24. Kuşvuran, Ş., 2012. Effects of drought and salt stresses on growth stomatal conductance leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Agricultural Research* 7(5):775-781.
 25. Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A., Di Tommaso, T., 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus*

- tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. Agricultural Water Management 92(1-2):73-80.
26. Lum, M.S., Hanafi, M.M., Rafii, Y.M., Akmar A.S.N., 2014. Effect of drought stress on growth, proline and antioxidant enzyme activities of upland rice. J. Animal and Plant Sciences 24(5):1487-1493.
27. Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany 78(3):389-398.
28. Mutlu, N., Boyaci, F.H., Göçmen, M., Abak, K., 2008. Development of SRAP, SRAP-RGA, RAPD and SCAR markers linked with a Fusarium wilt resistance gene in eggplant. Theoretical and Applied Genetics 117:1303-1312.
29. Noori, M., Azar, A.M., Saidi, M., Panahandeh, J., Haghi, D.Z., 2018. Evaluation of water deficiency impacts on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation in some tomato (*Solanum lycopersicum* L.) lines. Indian Journal of Agricultural Research 52(3):228-235.
30. Plazas, M., Rahma, A.F., Rodríguez-Burruezo, A., Prohens, J., Fita, A., 2016. Screening for drought tolerance in eggplant relatives and interspecific hybrids. In Proceedings of 25. Eucarpia Capsicum and Eggplant Working Group Meeting in memoriam Dr. Alain Palloix, 12-14 September 2016, Kecskemét, Hungary (pp:306-310).
31. Plazas, M., Nguyen, H.T., González-Orenga, S., Fita, A., Vicente, O., Prohens, J., Boscaiu, M., 2019. Comparative analysis of the responses to water stress in eggplant (*Solanum melongena*) cultivars. Plant Physiology and Biochemistry, 143:72-82.
32. Plazas, M., González-Orenga, S., Nguyen, H.T., Morar, I.M., Fita, A., Boscaiu, M., Vicente, O., 2022. Growth and antioxidant responses triggered by water stress in wild relatives of eggplant. Scientia Horticulturae 293:110685.
33. Ranaweera, G.K.M.M.K., Fonseka, R.M., Fonseka, H., 2020. Morpho-physiological and yield characteristics of interspecific hybrids between cultivated eggplant (*Solanum melongena* L.) and wild relatives in response to drought stress. International Journal of Minor Fruits, Medicinal and Aromatic Plants 6(1):30-37.
34. Rotino, G.L., Sala, T., Toppino, L., 2014. Eggplant. In Alien Gene Transfer in Crop Plants (2):381-409. Springer, New York, NY.
35. Schwarz, D., Roupael, Y., Colla, G., Venema, J.H., 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. Scientia Horticulturae 127(2):162-171.
36. Semida, W.M., Abdelkhalik, A., Mohamed, G. F., Abd El-Mageed, T.A., Abd El-Mageed, S.A., Rady, M.M., Ali, E.F., 2021. Foliar application of zinc oxide nanoparticles promotes drought stress tolerance in eggplant (*Solanum melongena* L.). Plants 10(2):421.
37. Singh, A.P., Luthria, D., Wilson, T., Vorsa, N., Singh, V., 2009. Polyphenols content and antioxidant capacity of eggplant pulp. Food Chem 114:955-961.
38. Türkes, M., 2012. Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi 4(2):1-32.
39. Yekbun, A., Kabay, T., 2017. Kuraklık stresinin yerli ve ticari domates çeşitlerinde bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 22(2):86-96.
40. Zhong, Y.P., Li, Z., Bai, D.F., Qi, X.J., Chen, J.Y., Wei, C.G., Fang, J.B., 2018. *In vitro* variation of drought tolerance in five *Actinidia* species. Journal of the American Society for Horticultural Science 143(3):226-234.