

Karpuzda *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*'a toleran nitelikli hatların geliştirilmesi

Veysel ARAS¹, Çetin NACAR¹, Tahsin AY², Nedim MUTLU³, Mustafa ÜNLÜ¹, Hasan PINAR⁴, Nebahat SARI⁵

¹Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Erdemli, MERSİN

²Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü, ADANA

³Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, ANTALYA

⁴Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, KAYSERİ

⁵Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Balcalı, ADANA

* Bu araştırma 109G029 nolu "Türkiye F1 Hibrit Sebze Çeşit ve Nitelikli Hat Geliştirme Projesi" isimli TÜBİTAK 1007 projesi kapsamında desteklenmiştir.

Alınış tarihi: 14 Ekim 2016, Kabul tarihi: 30 Kasım 2016

Sorumlu yazar: Veysel ARAS, e-posta: varas2001@yahoo.com

Öz

Fusarium oxysporum f. sp. *niveum* (*Fon*) karpuzda çok önemli verim kayıplarına sebep olmasına rağmen patojenin 0 ve 1 ırklarına dayanıklı ticari çeşitler geliştirilmiş fakat 2 ve 3 numaralı ırklarına dayanıklı ticari çeşitler henüz bildirilmemiştir. *Fon*'a hassas saf hat ile *Fon*'un 0, 1 ve 2 ırklarına dayanıklı olan PI296341 genitörü melezlenmiştir. F1 hibritler hassas ebeveyne geriye melezlenmiş ve GM1F1'ler elde edilmiştir. GM1F1, GM2F1, GM3F1 ve GM4F1'ler *Fon* 1 için geliştirilen P-700 SCAR moleküler markırına ait primer çiftiyle taranmıştır. Dayanıklı markır bandı veren bireyler kendilenmiş ve geriye melezlemeleri yapılmıştır. Kendilenmiş olan GM1F2, GM2F2, GM3F2 ve GM4F2'ler *Fon* 1'e karşı klasik testlenmiştir. Klasik testlemede de dayanıklılığı doğrulanan bireylerin geriye melezleri alınmıştır. GMnF1 generasyonlarında markır testlemesi ve GMnF2 generasyonlarında klasik testleme yapılmıştır. Sonuç olarak GM4F2'lerin *Fusarium*'un 0, 1 ve 2 numaralı ırklarına karşı klasik olarak testleme sonucunda ırk 0 'a karşı 10 adet, ırk 1 'e karşı 39 adet ve ırk 2' ye karşı 7 adet dayanıklı bitki elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Islah, *Citrullus lanatus*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*

Development of watermelon lines resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*

Abstract

Although *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (*Fon*) causes significant yield losses in watermelon, cultivars resistant against races 0 and 1 have been in use but for races 2 and 3 have yet to be developed. Susceptible inbred line was crossed with PI296341, resistant to races of *Fon* 0, 1, and 2. The F1s was backcrossed to susceptible recurrent parent five times. The BC1F1, BC2F1, BC3F1, and BC4F1 were genotyped using PO1-700 SCAR molecular marker that was reported to be linked to *Fon* resistance. The selected BC plants carrying the marker locus were selfed to obtain BCnF2. Selfed BC1F2, BC2F2, BC3F2 and BC4F2 were inoculated with *Fon* 1. Finally, 10 resistant plants for race 0, 39 resistant plants for race 1, and 7 resistant plants for race 2 were obtained from BC4F2, respectively.

Key words: Breeding, *Citrullus lanatus*; *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*

Giriş

Türkiye, 105 milyon ton olan Dünya karpuz üretiminin yaklaşık 4 milyon tonunu karşılamakta olup Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır (FAO, 2012). Türkiye karpuz üretimi bölgelere göre ya açıkta, ya da örtüaltında yapılmaktadır. Açıkta karpuz üretimi, ağırlıklı olarak Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Trakya bölgelerinde gerçekleştirilmektedir.

Örtüaltı üretimi ülkemizde sadece Akdeniz bölgesinde gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2014). Dünya ve Türkiye için bu türde en önemli hastalık *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*'un neden olduğu (Netzer, 1976; Martyn, 1985, 1987; Notz ve ark., 2002) *Fusarium* solgunluğu gelmektedir. Bu fungal hastalık, ülkemizde karpuz üretimini sınırlayan en önemli unsurdur (Bora ve ark., 1994; Zhang ve ark., 2005, Zhou ve ark., 2010).

Karpuzda *Fusarium* solgunluğu, ilk kez 1894 yılında Amerika'da kaydedilmiştir. *F. oxysporum* f. sp. *niveum* patojeninin oluşturduğu hastalık şiddeti çeşitlilik göstermesine rağmen, ırkların farklılıkları son 70 yılda tespit edilmiştir. Günümüzde *F. oxysporum* f. sp. *niveum* 'un 0, 1, 2 ve 3 nolu olmak üzere dört ırkı karakterize edilmiştir (Martyn ve Netzer, 1991; Netzer, 1976; Netzer ve Martyn, 1989, Zhou ve ark., 2010). "İrk 0 ve 1", ilk kez 1963 yılında, "İrk 2" 1973 yılında, İrk 3 ise 37 yıl sonra tanımlanmıştır (Zhou ve ark., 2010). *Fon*'un 0 ve 1 ırklarına dayanıklı ticari çeşitler olmasına rağmen, 2 ve 3 numaralı ırklarına dayanıklı ticari çeşitler bulunmamaktadır. Birçok yerde en yaygın olanı "İrk 1" olmasına rağmen, İrk 2'nin de hızla yayıldığı gözlenmektedir (Zhou ve ark., 2010). *Fon*'un 2 nolu ırkı, İrk 0 ve 1'den çok daha öldürücüdür ve bütün karpuz çeşitlerini hastalandırır. *Fon* toprak kökenli bir hastalık olmasının dışında, tohumla taşınabilen bir hastalıktır (Michail ve ark., 2002; Boughalleb ve El Mahjoub, 2007).

Konukçu dayanıklılığının uzun süreli kalıcılığı ve etkililiği, büyük oranda patojenin fizyolojik ırklarının yaygınlığına ve topraktaki populasyon düzeylerine bağlıdır (Martyn ve McLaughlin, 1983; Martyn, 1996; Bruton ve Damicone, 1999). Ticari karpuz tarlalarında *F. oxysporum* f.sp. *niveum*'un ırkları ve inokulum yoğunluklarının bilinmesi, karpuz *Fusarium* solgunluğunun mücadelesinde, daha etkili bölgesel hastalık mücadele yöntemlerinin geliştirilmesini kolaylaştırabilmektedir (Zhou ve Everts, 2003). Ülkemizde yapılan çalışmalarda, *F. oxysporum* f. sp. *niveum*'un her 3 ırkının da Ege ve Akdeniz bölgelerinde var olduğu saptanmıştır (Filiz ve Turhan, 1991; Yücel ve ark. 1997). Yapılan bir çalışma ile karpuzlarda *Fusarium* solgunluğu hastalığının yaygınlığının Adana'da %51.5, Mersin'de %42.1 oranında olduğunu belirlenmiştir (Kurt ve ark., 2005). Hastalıklarla mücadelede kültürel ve kimyasal mücadele yöntemleri uygulanabilmektedir. Günümüzde bu hastalığın kontrolü için önerilen

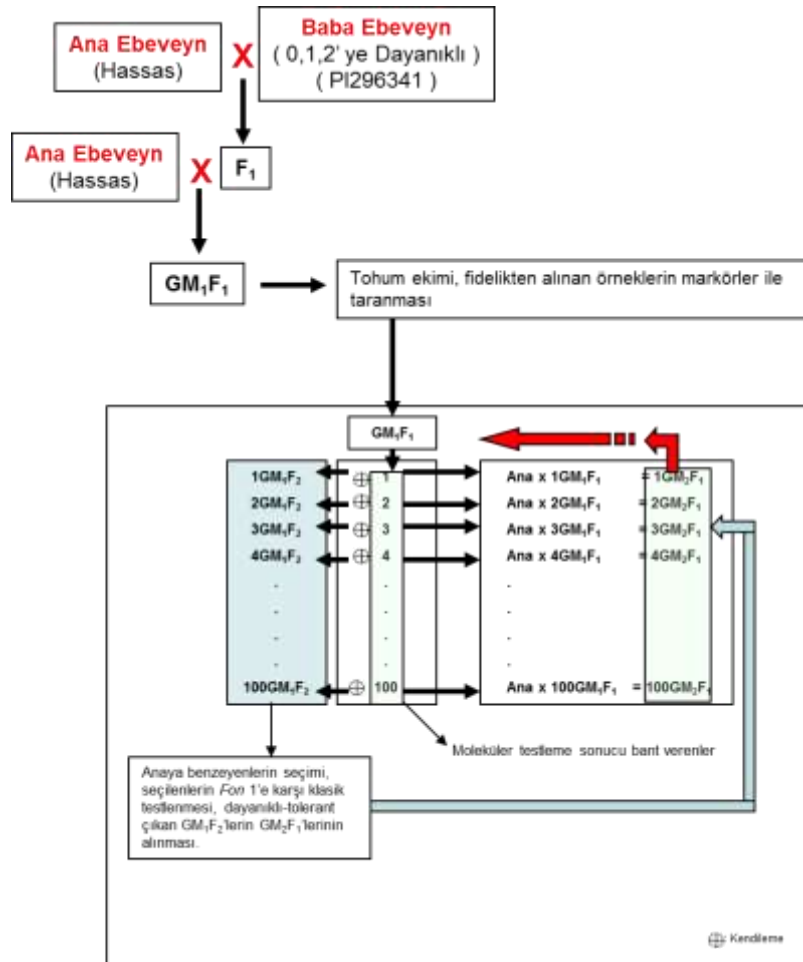
fumigasyon (Hopkins ve Elmstrom, 1974; Gonzales-Torres ve ark., 1993), ekim nöbeti (Hopkins ve Elmstrom, 1984), toprak solarizasyonu (Martyn ve Hartz, 1986; Gonzales-Torres ve ark., 1993) ve biyolojik kontrol (Martyn ve ark., 1991; Bora ve ark., 1994) gibi hastalıkla mücadele yöntemleri ile karşılaştırıldığında, dayanıklı çeşit yetiştiriciliği, en etkili ve yaygın bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak *Fusarium* fungusu toprakta uzun yıllar canlı kalabildiğinden dolayı dayanıklı çeşit kullanımı dışındaki yöntemler kesin çözüm olmamaktadır. Karpuzda *Fusarium* solgunluğuna karşı en etkili, pratik ve ekonomik kontrol metodu, solgunluğa karşı dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve kullanılmasıdır. Bu çalışmadaki amaç da *Fusarium* solgunluğuna dayanıklı olabilecek hatların geliştirilmesidir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Mart 2011-Temmuz 2014 yılları arasında, bir yıl içerisinde iki yetiştirme döneminde gerçekleştirilmiştir. Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü (ABKAE) gen havuzunda bulunan *Fusarium*'a hassas olan saf hat ana ebeveyn ile *Fusarium*'un 0, 1 ve 2 ırklarına dayanıklı olan PI296341 genitörü melezlenmiş ve F1'ler elde edilmiştir. Hassas ebeveyn ile F1 hibritler melezlenmiş, GM₁F₁'ler elde edilmiştir. GM₁F₁'ler 1:1 torf ve perlit karışımından oluşmuş viyollere ekilmiş ve fide aşamasında alınan yaprak örneklerinden CTAB metoduna göre (Doyle ve Doyle, 1990) DNA izolasyonu yapılmış ve *Fon* 1 için geliştirilen P-700 SCAR (5-GTAGCACTCCAACATTTATTCTAATTC ve 5-GTAGCACTCCCAACTCATACAAAT) moleküler belirteci (marker) ait primer çiftiyle (Xu ve ark. 1999) taranmıştır. PCR koşulları 25 µL'lik tüp içerisinde 1X PCR buffer (20 mM NaCl, 50 mM Tris-HCl pH 9, %1 Triton-X-100, %0.01 gelatin), 1.6 mM MgCl₂, 0.2 mM dNTP, 0.2 µM her primerden 1 ünite Taq DNA Polymerase, ve 25 ng DNA yer almıştır. Reaksiyon 92°C 60 s denatürasyon, 45 döngü 94°C 45 s, 62°C'de 70 s, 72°C'de 120 s olacak şekilde Techne Thermocycler (Bibby Scientific Pico Technology Ltd.) cihazında gerçekleştirilmiştir. PCR ürünü %1.4'lük agaroz jel içerisinde elektroforezde yürütülmüş ve 0.5 mg/ml etidium bromide çözeltisi ile boyandıktan sonra UV görüntüleme cihazında görüntülenmiştir (Gel Logic 200, Kodak Imaging System). Bant verenler seraya dikilmiştir. Seraya dikilen GM₁F₁'ler ile hassas olan ebeveyn melezlenmiş ve GM₂F₁'ler elde edilmiştir. Aynı

zamanda GM_1F_1 'ler kendilenmiş ve GM_1F_2 'ler elde edilmiştir. Morfolojik özelliklerine göre seçilen 10 adet GM_1F_2 'lerden 20 adet tohum ekilmiş ve *Fon 1*'e karşı klasik testlenmiştir. Klasik testlemede dayanıklı çıkanların GM_2F_1 'lerinden alınan örnekler *Fon 1* için geliştirilen P-700 SCAR moleküler markırına ait primer çiftiyle taranmıştır. Bant verenler seraya dikilmiştir. Seraya dikilen GM_2F_1 'ler ile hassas olan ebeveyn ile melezlenmiş ve GM_3F_1 'ler elde edilmiştir. Aynı zamanda GM_2F_1 'ler kendilenmiş ve GM_2F_2 'ler elde edilmiştir. Bunlardan morfolojik olarak ana ebeveyne benzeyen bitkiler seçilmiştir. Seçilen GM_2F_2 'ler *Fon 1* ve *Fon 2*'e karşı klasik testlenmiştir. Klasik testlemede dayanıklı çıkanların GM_3F_1 'lerinden alınan örnekler *Fon 1* için geliştirilen

P-700 SCAR moleküler markırına ait primer çiftiyle taranmıştır. Bant verenler seraya dikilmiştir. Seraya dikilen GM_3F_1 'ler ile hassas olan ebeveyn ile melezlenmiş ve GM_4F_1 'ler elde edilmiştir. Aynı zamanda GM_3F_1 'ler kendilenmiş ve GM_3F_2 'ler elde edilmiştir. Bunlardan ana ebeveyne benzeyenler seçilmiştir. Aynı yöntem tekrar edilerek bant verenler seraya dikilmiş ve seraya dikilen GM_4F_1 'ler ile hassas olan ebeveyn ile melezlenmiş ve GM_5F_1 'ler elde edilmiştir. Aynı zamanda GM_4F_1 'ler kendilenmiş ve GM_4F_2 'ler elde edilmiştir. Aynı yöntem tekrar edilmiş ve en son olarak GM_5F_1 'ler ve GM_4F_2 ler *Fusarium*'un 0, 1 ve 2 numaralı ırklarına karşı klasik olarak testlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Yöntemin şematik gösterimi.

Klasik Testleme

F.oxysporum f.sp. *niveum*'un 0, 1 ve 2 nolu ırklarını kullanarak yapılan inokulasyon çalışmasında inokulasyon metodu olarak, Larkin ve ark. (1990) tarafından geliştirilen metod ile Latin ve Snell (1986) tarafından geliştirilen pipet metodu kullanılmıştır. İnokulum hazırlığı için her bir ırka ait izolatin tek spor kültürü, oda sıcaklığında 12 saat periyodunda 5-6 gün süreyle 128 rpm'de çalışan çalkalayıcıda sıvı mineral tuz ortamında (Netzer, 1976) geliştirilmiştir. Elde edilen kültür, 4 katlı tülbenkten süzülerek her bir kültür için spor süspansiyonu elde edilmiştir. Bu spor süspansiyonu, hemacytometer yardımıyla 106 konidi/ml'ye ayarlanmıştır. Pastörize edilmiş olan dere kumu-torf-perlit (1:1:1,v/v/v) içeren viyollerde geliştirilmiş olan karpuz bitkileri, kotiledon yaprak döneminde, 106 konidi/ml olacak şekilde *F. oxysporum* f.sp. *niveum*'un her bir ırkı için ayrı ayrı inokule edilmiştir. İnokule edilen tüm bitkiler, 20-27°C sıcaklığa sahip serada tutulmuştur. İnokulasyondan 3 hafta sonra viyollerdeki bitkiler sökülerek bünyelerinde oluşan solgunluk yüzdelere göre değerlendirilmiştir. Bu işlemde Barnes (1972) tarafından geliştirilen hastalık değerlendirme skalası ve dayanıklılık kriterleri kullanılmıştır (0- hastalık belirtisi göstermeyenler, 1- kontrol bitkilerine göre çok kısa kalanlar, 2- solgunluk belirtisi gösterenler, 3- ölmekte olanlar, 4- ölü bitkiler).

a) Patojenite Denemeleri,

Daha önce yürütülen çalışmalar sonucu stoklarımızda saklanan karpuz-*fusarium* izolatları yanında yeni izolatlar da elde edilmiştir. Yeni *Fusarium* izolatlarını elde etmek için hastalık simptomlarının gözlemlendiği her karpuz tarlasından 3 bitki örneği alınmış ve bitki parçalarından *Fusarium* için seçici besi ortamına (Nash ve Snyder, 1962) ve/veya PDA üzerine ekim yapılmıştır. Gelişen *F. oxysporum* kolonileri eyiklere alınmıştır. Elde edilen izolatların patojenite denemelerinde hastalığa duyarlı Sugar Baby karpuz çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar, steril kumlu-tınlı toprak içeren küvetlere ekilmiş, inokulum olarak kullanılmış konidiler, izolatin PDA'da geliştirilen 8 günlük tek spor kültüründen elde edilmiştir. Fideler ilk gerçek yaprakları görüldüğünde yaklaşık 2 haftalık iken sökülmüş ve kökleri çeşme suyunda yıkanmıştır. Yaklaşık 2 cm kesilen kökler, 5 dakika süreyle 106 konidi/ml içeren konidiyal süspansiyona daldırılmıştır. İnokule edilen fideler, steril kum içeren viyollere dikilmiştir. Kontrol olarak, kökleri suya daldırılan, inokule edilmeyen fideler kullanılmıştır.

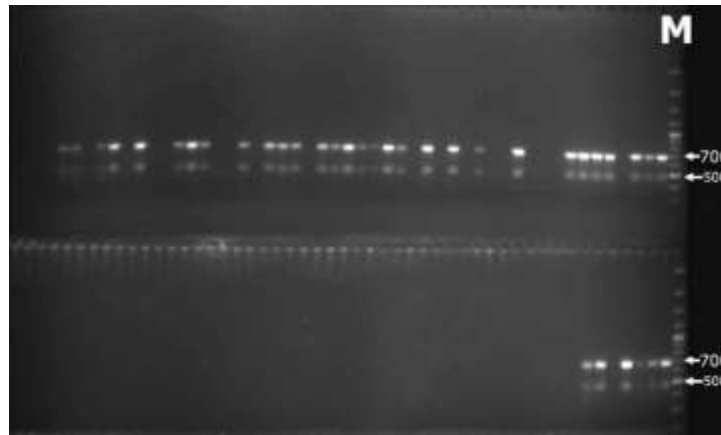
b) Irk ve Çeşit Reaksiyonlarının Belirlenmesi

Patojen olduğu belirlenen izolatların *F. oxysporum* f. sp. *niveum*'un 0, 1 ve 2 no'lu ırklarını ayırıcı 3 karpuz çeşidinin reaksiyonları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. *F.oxysporum* f. sp. *niveum*'un 0, 1 ve 2 no'lu ırklarını ayırıcı 4 karpuz çeşidinin reaksiyonları.

Çeşit	Fon 0	Fon 1	Fon 2	Fon 2
Sugar Baby	S	S	S	S
Charleston Gray	R	S	S	S
Calhoun Gray	R	R	S	S
PI 296341	R	R	R	R

S: Duyarlı, R: Dayanıklı

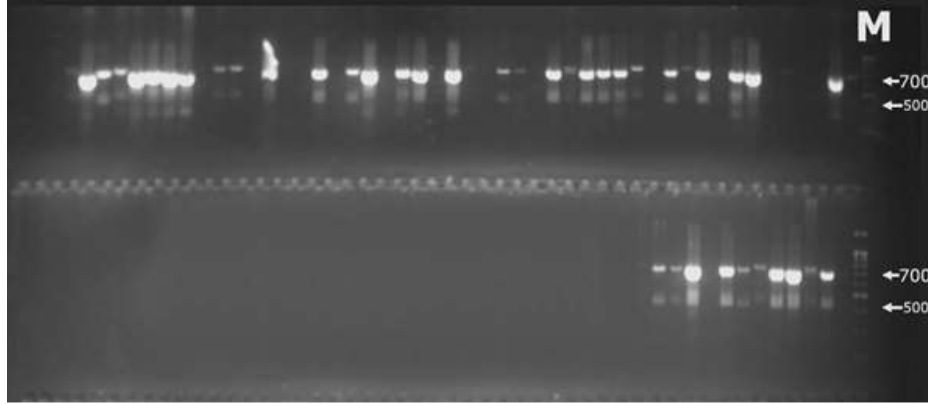


Şekil 2. GM₁F₁ populasyonunda P01-700 SCAR markırının belirlenmesi.

Bulgular

GM₁F₁'ler *Fon* 1 için geliştirilen P-700 SCAR markırı ile taranmış ve bant verenlerin fideleri seraya dikilmiştir (Şekil 2). Seraya dikilen GM₁F₁'ler kendilenmiş ve ayrıca hassas olan ebeveyn ile melezlenerek GM₂F₁'ler elde edilmiştir. Morfolojik özelliklerine bakılarak ana ebeveyn benzeyen 10

adet GM₁F₂'lerin *Fon* 1'e karşı klasik testlemeler yapılmıştır. Klasik testlemede GM₁F₂' generasyonunda dayanıklılığı doğrulananan bitkilerin GM₂F₁'leri P-700 SCAR markırı ile taranmıştır (Şekil 3). Bant verenler seraya dikilmiş ve kendilenmiş, ayrıca hassas olan ebeveyn ile melezlenerek GM₃F₁'ler elde edilmiştir.



Şekil 3. GM₂F₁ populasyonunda P01-700 SCAR markırının belirlenmesi.

Ana ebeveyn benzeyen 10 adet GM₂F₂'lerin *Fon* 1 ve *Fon* 2'e karşı klasik testlemeleri yapılmıştır (Çizelge

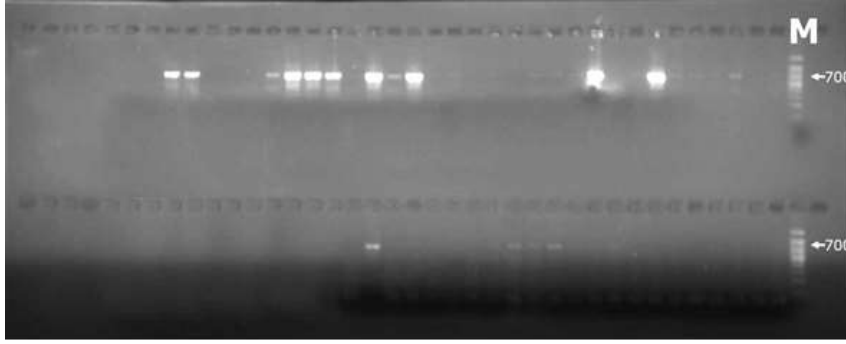
2). Testleme sonucunda GM₂F₂'lerden ırk 1'e karşı 3 adet ve ırk 2'ye karşı 12 adet dayanıklı karpuz bitkisi elde edilmiştir.

Çizelge 2. Seçilen 10 adet GM₂F₂'lerin *Fon* 1 ve *Fon* 2'e karşı klasik testleme sonuçları.

Seçilen Hatlar (GM ₂ F ₂)	<i>Fon</i> 1					<i>Fon</i> 2				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	3	5			2			10		
2		2	3		5	1	4	3	2	
3				4	6	1	5	4		
4			6	2	2	2	6	2		
5		4	2	4		2	5	3		
6			6		4		5	5		
7		3	3	3	1	1	6	3		
8		2		2	6		6	4		
9		4	2	2	2	5	5			
10			6	4			2	6	2	

Klasik testlemede dayanıklı olarak seçilenlerin GM₃F₁'leri P-700 SCAR markırı ile taranmıştır (Şekil 4). Bant

verenler seraya dikilmiş ve kendilenmiş, ayrıca hassas olan ebeveyn ile melezlenerek GM₄F₁'ler elde edilmiştir.



Şekil 4. Geriye melezleme sonucu elde edilen GM₃F₁ populasyonunda P01-700 SCAR markırının belirlenmesi.

Ana ebeveyne benzeyen 14 adet GM₃F₂'lerin *Fon 1* ve *Fon 2*'e karşı klasik testmeleri yapılmıştır (Çizelge

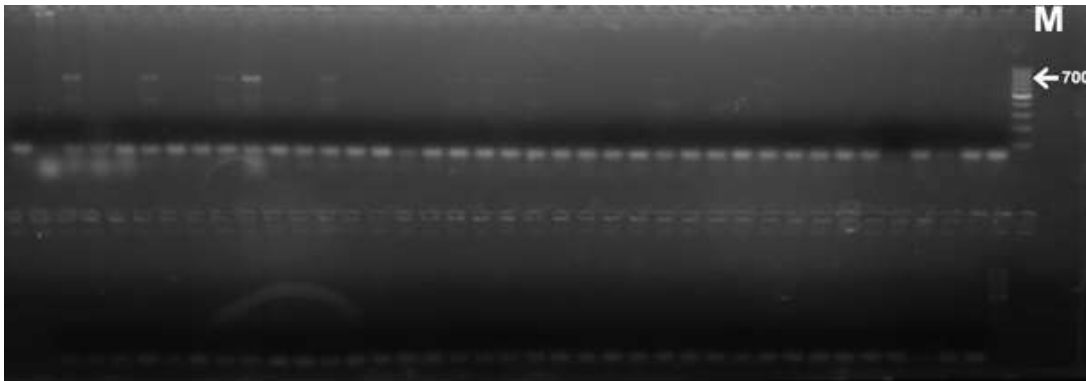
3). Testleme sonucunda GM₃F₂'lerden ırk 1'e karşı 21 adet ve ırk 2'ye karşı 6 adet dayanıklı karpuz hattı elde edilmiştir.

Çizelge 3. Seçilen GM₃F₂'lerin *Fon 1* ve *Fon 2*'e karşı klasik testleme sonuçları.

Seçilen Hatlar (GM ₃ F ₂)	<i>Fon 1</i>					<i>Fon 2</i>				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
F4	1			1	9		1		1	9
F5		2	1		8				2	9
F6	1		1	2	7		1	1	1	8
F10	1		4	1	5	1	1	1	2	6
F17		3	3	4	1	1	1	2	2	5
F19	1	5	2		3	1	2	1	2	5
F20	10	1				1	2	2	3	3
F53	1		3		7			1	2	8
F45	6	2		1	2	2	1	3	1	4
F42		3		1	7			1	2	8
F41		9	1		1			4	4	3
F24		1	2	2	6			2	3	6
F23		3	2		6		1	2	3	5
F21		3	3	3	2		1	2	2	6

Klasik testlemede dayanıklı olarak seçilenlerin GM₄F₁'leri P-700 SCAR markırını ile taranmıştır (Şekil 5). Bant

verenler seraya dikilmiş ve kendilenmiş, ayrıca hassas olan ebeveyn ile melezlenerek GM₅F₁'ler elde edilmiştir.



Şekil 5. Geriye melezleme sonucu elde edilen GM₄F₁ populasyonunda P01-700 SCAR markırının belirlenmesi.

Çizelge 4. GM₄F₂ kademesindeki hatların *Fusarium*'un 0, 1 ve 2 numaralı ırklarına karşı klasik testleme sonuçları

Seçilen Hatlar (GM ₄ F ₂)	Fon 0					Fon 1					Fon 2				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
F4						3	1	1						3	2
F10	6					11						2	1	2	5
F14	4					7	3			1		1	3		4
F22						8		2				2		2	5
F31						5	2		1	3		2	1	4	4
F34						5			1	2				1	7

Ana ebeveyne benzeyen 6 adet GM₄F₂'lerin Fon 1 ve Fon 2'e karşı klasik testlemeleri yapılmıştır (Çizelge 4). GM₄F₂'lerin *Fusarium*'un 0, 1 ve 2 numaralı ırklarına karşı klasik olarak testleme sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Testleme sonucunda GM₄F₂'lerden ırk 0'a karşı 6 adet, ırk 1'e karşı 39 adet dayanıklı ve ırk 2'ye karşı 6 adet tolerant karpuz hattı elde edilmiştir.

Sonuç ve Tartışma

Levi ve ark. (2002)'ları karpuzda *fusarium*un kalıtımı üzerine yaptıkları çalışmada, Xu ve ark. (1999)'larının dizayn ettiği P01-700 SCAR markörünü kullanılmış ve bizim çalışmamızda olduğu gibi 730 bç'nde *fusarium*un 1 ırkına dayanıklı genotiplerde bant elde etmişlerdir. Ay (2008) tarafından yürütülen bir çalışmada Fon 1'e karşı bazı karpuz çeşitleri klasik olarak testlenmiş ve bu çalışmada da kullanılan ve dayanıklılık bandı (730 bç) veren Bolkan, Bonessa, Celebration, Crisby, Dumara, Galactica, Golden Crown, Lady, Newton ve Tamara çeşitlerinin Fon 1'e karşı klasik testlemede dayanıklı olduklarını saptamıştır. Solmaz (2010) tarafından yürütülmüş bir başka çalışmada da klasik olarak Fon 1'e karşı testlenen Crisby, Celebration ve Bolkan çeşitlerinin dayanıklı olduklarını saptamıştır. Bu çalışmalar da elde edilen sonuçlar da bizim yaptığımız bu çalışmayı destekler niteliktedir. Bu sonuçlar doğrultusunda

Xu ve ark. (1999) tarafından geliştirilmiş olan P01-700 SCAR markırı bu çalışmadaki Fon'a dayanıklılık ıslahında geriye melez bireylerde aktif olarak kullanılmıştır. En son olarak GM₄F₂'kademesinde Fon'un ırk 0'a karşı 6 adet, ırk 1'e karşı 39 adet ve ırk 2'ye karşı 6 adet dayanıklı karpuz bitkisi elde edilmiştir. Şu an için halen Fon'un dört ırkına dayanıklı çeşit ve hat olmadığından dolayı, bundan sonraki çalışmalarda dayanıklılık çalışmalarının devam ettirilmesi gerekmektedir. *Fusarium*

solgunluğu ile bulaşık karpuz yetiştirme alanlarında dayanıklı kabak anaçlarının kullanılması hala en etkili çözüm olarak değerlendirilmektedir.

Kaynaklar

- Ay, T., 2008. Çukurova'da Karpuz *Fusarium* Solgunluğu Etmeni, *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*, Irklarının ve Bu Irklara Karşı Karpuz Çeşitlerinin Reaksiyonlarının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 41 s.
- Barnes, G.L., 1972. Differential Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* to Certain Wilt Resistant Watermelon Cultivars. Pl. Dis Rep. 56 (12): 1022-26.
- Bora, T, Yıldız, M. and Özaktan, H., 1994. Effect of Fluorescent *Pseudomonas* on *Fusarium* wilt of watermelon. J. Turk. Phytopath., 23(1):19-25
- Boughalleb, N., El Mahjoub, M., 2007. Frequency of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and *F. solani* f. sp. *cucurbitae* from watermelon seeds and their effect on disease incidence. Research Journal of Parasitology. 2:32-38.
- Bruton, B.D., and Damicone, J.P., 1999. *Fusarium* wilt of watermelon: Impact of race 2 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* on watermelon production in Texas and Oklahoma. Subtrop. Plant Sci. 51:4-9.
- Doyle, JJ, Doyle JL., 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus. 12: 13-15.
- FAO, 2012. FAOSTAT online database. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx# ancor>. Erişim Tarihi 02.07.2016.
- Filiz, N., ve Turhan G., 1991. Karpuzlarda *Fusarium* Solgunluğu Etmeninin Reaksiyonları Üzerinde Araştırmalar. VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi.
- Gonzalez-Torres, R., Melero-vara, J., Gomez-Vazquez, J., and Jimenez Diaz, R.M., 1993. The effects of soil solarization and soil fumigation on *Fusarium* wilt of

- watermelon grown in plastic houses in South-eastern Spain. *Plant Pathol.* 42: 858-864.
- Hopkins, D.L., and Elmstrom, G.W., 1974. Chemical control of watermelon damping-off and seedling wilt. *Plant dis. Rep.* 58:114-117.
- Hopkins, D.L., and Elmstrom, G.W., 1984. Fusarium wilt in watermelon cultivars grown in a 4-year monoculture. *Plant Dis.* 64:129-131.
- Kurt, Ş., Derviş, S., Soylu, E.M., Tok, F.M., Baran, B., Soylu, S. ve Yetişir, H., 2005. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde Karpuz Solgunluk Hastalığı Etmenlerinin Yaygınlıkları ve Patojenisiteleri. GAP 4. Tarım Kongresi Bildirileri, 1385-1388.
- Larkin, R.P., Hopkins, D.L., Martin, F.N., 1990. Vegetative compatibility within *Fusarium oxysporum f. sp. niveum* and its relationship to virulence, aggressiveness, and race. *Can. J. Microbiol.* 36:352-358.
- Latin, R.X. and S.J. Snell, 1986. Comparison of methods for inoculation of Muskmelon with *Fusarium oxysporum f. sp. melonis*. *Plant Dis.*, 70: 297-300.
- Levi, A., Thomas, C.E., Joobeur, T., Zhang, X., 2002. A genetic linkage map for watermelon derived from a testcross population: (*Citrullus lanatus var. citroides* × *C. lanatus var. lanatus*) × *Citrullus colocynthis*. *Theor Appl Genet*, 105:555-563.
- Martyn, R.D., and Mclaughlin, R.J., 1983. Effects of inoculum concentration on the apparent resistance of watermelons to *Fusarium oxysporum f.sp. niveum*. *Plant Dis.* 67:493-495.
- Martyn, R.D., 1985. An aggressive race of *Fusarium oxysporum f. sp. niveum* new to the United States. *Plant Dis.* 69:1007.
- Martyn, R.D., and Hartz, T.K., 1986. Use of soil solarization to control fusarium wilt of watermelon. *Plant Dis.* 70:762-766.
- Martyn, R.D., 1987. *Fusarium oxysporum f. sp. niveum* race 2: A highly aggressive race new to the United States. *Plant Dis.* 71:233-236.
- Martyn, R.D., Biles, C.L. and Dillard, E.A., 1991. Induced resistance to *Fusarium* wilt of watermelon under simulated field conditions. *Plant Dis.* 75:874-877.
- Martyn, D.R., 1996. *Fusarium* wilt of watermelon. Pages 13-14 in: *Compendium of Cucurbit Disease*. T.A. Zitter, D.L. Hopkins, and C.E. Thomas eds. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN.
- Michail, S.H., Abdel Rehim, M.A., Tarabeih, A.M., Aly, M.A., 2002. Effect of fusarium seed-borne infection levels on watermelon wilt incidence. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 34:347-351.
- Nash S.M., Snyder W.C., 1962. Quantitative and estimations by plate counts of propagules of the bean rot *Fusarium* in field soils. *Phytopathology.* 73:458-462.
- Netzer, D., 1976. Physiological races and soil population level of *Fusarium* wilt of watermelon. *Phytoparasitica* 4:131-136.
- Netzer, D., Martyn, R.D., 1989. PI 296341, a source of resistance in watermelon to race 2 of *Fusarium oxysporum f. sp. niveum*. *Plant Dis.* 73:518.
- Notz, R., Maurhofer, M., Dubach, H., Haas, D., Défago, G., 2002. Fusaric acid-producing strains of *Fusarium oxysporum* alter 2,4-Diacetylphloroglucinol biosynthetic gene expression in *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in vitro and in the rhizosphere of wheat. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 2229-2235.
- Solmaz, İ., 2010. Bazı Karpuz Genotiplerinin SSR ve SRAP Markörleri ile Karakterizasyonu ve *Fusarium* Solgunluğu (*Fusarium oxysporum f.sp. niveum*)'na Dayanımlarının Klasik ve Moleküler Yöntemlerle Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 140 s.(Yayınlanmamış).
- TÜİK, 2015. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi: 01.08.2016)
- Yucel, S., Pala, H., Sarı, N., 1997. Çukurova'da Karpuz *Fusarium* Solgunluğu Etmeni *Fusarium oxysporum f.sp. niveum* Irklarının ve Bu Irklara Karşı Karpuz Çeşitlerinin Reaksiyonlarının Belirlenmesi Üzerinde Çalışmalar, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Sonuç Raporu, BKA/01/F-096.
- Zhang, Z., Zhang, J., Wang, Y., Zheng, X., 2005. Molecular detection of *Fusarium oxysporum f. sp. niveum* and *Mycosphaerella melonis* in infected plant tissues and soil. *FEMS Microbiol. Lett.* 249: 39-47.
- Zhou, X.G., and Everts, K.L., 2003. Races and inoculum density of *Fusarium oxysporum f.sp. niveum* in commercial watermelon fields in Maryland and Delaware. *Plant Dis.* 87:692-698.
- Zhou, X.G., Everts, K.L., Bruton, B.D., 2010. Race 3, a new and highly virulent race of *Fusarium oxysporum f. sp. niveum* causing *Fusarium* wilt in watermelon. *Plant Dis.* 94:92-98.
- Xu Y, Ouyang XX, Zhang HY, Wang YJ, 1999. Identification of molecular markers linked to race-1 *Fusarium* wilt resistance gene in watermelon wild germplasm PI 296341. *Acta Bot Sinica* 41:952-955.