

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
2015-DR-001

**AYDIN İLİNDE KARPUZ FUSARIUM
SOLGUNLUĞU HASTALIĞININ YAYGINLIK VE
YOĞUNLUĞU, ETMENİ *Fusarium oxysporum* f.sp.
niveum (Fon)'UN IRKLARI, VEJETATİF UYUM
GRUPLARI VE BAZI KARPUZ ÇEŞİTLERİNİN
ETMENE KARŞI REAKSİYONLARI**

Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. M. Timur DÖKEN**

AYDIN

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bitki Koruma Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK tarafından hazırlanan “Aydın İlinde Karpuz *Fusarium Solgunluğu* Hastalığının Yaygınlık ve Yoğunluğu, Etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* (*Fon*)’un Irkları, Vejetatif Uyum Grupları ve Bazı Karpuz Çeşitlerinin Etmene Karşı Reaksiyonları” başlıklı tez, 27.02.2015 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :Prof. Dr. M. Timur DÖKEN	ADÜ Ziraat Fakültesi
Üye: Prof. Dr. Serap AÇIKGÖZ	ADÜ Ziraat Fakültesi
Üye: Prof. Dr. Erkol DEMİRCİ	KTÜ Maçka MYO
Üye: Prof. Dr. Cafer EKEN	SDÜ Ziraat Fakültesi
Üye: Doç. Dr. Sibel DERVİŞ	MKÜ Ziraat Fakültesi

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Doktora Tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun Sayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY
 Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

27 /02/2015

Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK

ÖZET

AYDIN İLİNDE KARPUZ FUSARIUM SOLGUNLUĞU HASTALIĞININ YAYGINLIK ve YOĞUNLUĞU, ETMENİ *Fusarium oxysporum f.sp. niveum (Fon)*'UN IRKLARI, VEJETATİF UYUM GRUPLARI ve BAZI KARPUZ ÇEŞİTLERİNİN ETMENE KARŞI REAKSİYONLARI

Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK

Doktora Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Timur DÖKEN

2015, 113 sayfa

Aydın ilinde karpuz kurumaları, üretimi sınırlandıran sorunların başında gelmektedir. Dünyada bu kurumlara neden olduğu bilinen faktörlerden en önemlisi *Fusarium solgunluğu* hastalığıdır. Çalışmamızda Aydın ve ilçelerindeki karpuz üretim alanlarında kuruma ve solgunluk yaygınlığını, bulunma oranını belirlemek ve hastalıklı bitki örneği toplamak amacıyla sörveyler gerçekleştirilmiştir. Sörvey sonuçlarına göre hastalık görülen ilçelerde hastalık yaygınlığının %45-100 arasında değiştiği belirlenmiştir. Solgunluk belirtisi gösteren bitkilerden alınan 470 bitki örneğinden izole edilen 185 adet *Fusarium* spp. izolatları ile yapılan patojenisite ve takiben tanılama çalışmaları sonucunda 73 adet izolat *Fusarium oxysporum f.sp. niveum (Fon)* olarak tanılanmıştır. *Fon* izolatlarının elde edildiği 45 tarlada karpuzda *Fusarium solgunluğunun yoğunluğu* %0.17-12 arasında bulunmuştur. Diğer taraftan iklim odasında ayırıcı çeşitler üzerinde test edilen 73 *Fon* izolatından %28.8' i Irk 0, %37.0'i Irk 1 ve %34.2 Irk 2 olarak tanılanmıştır. Dünyada en saldırgan ırk olarak bilinen Irk 3'ün varlığı saptanmamıştır. Yörede üretimi yapılan Crimson Sweet, Crimson Tide, Galaxy, Wonder ve Anthem F1 ticari karpuz çeşitlerinin Irk 0, Irk 1 ve Irk 2'ye karşı reaksiyonlarının test edildiği denemelerde, bu üç ırka karşı Wonder karpuz çeşiti diğer çeşitlere göre daha az duyarlı, Crimson Sweet çeşiti ise daha çok duyarlı olarak değerlendirilmişlerdir. Ayrıca çalışmada klorat ilave edilmiş besi ortamında *nit* mutanti elde edilen 56 *Fon* izolati eşleştirmeler sonrası üç farklı VCG grubuna ayrılmıştır. Bu izolatlardan 28'i VCG 0080, 13'ü VCG0082 altında toplanmış olup, kalan 15 izolat üçüncü bir grubu oluşturmuştur.

Anahtar sözcükler: *Fusarium oxysporum f.sp. niveum*, karpuz, *Fon* ırkları, *Fon* vejetatif uyum grupları.

ABSTRACT

PREVALENCE AND INCIDENCE OF FUSARIUM WILT OF WATERMELON, RACES AND VEGETATIVE COMPATIBILITY GROUPS OF THE CAUSAL AGENT, *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* (*Fon*), IN THE AYDIN PROVINCE AND REACTIONS OF SOME WATERMELON CULTIVARS TO *FON* RACES

Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK

Ph.D. Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. M. Timur DÖKEN

2015, 113 pages

The death of watermelon plants is a major limiting problem in commercial watermelon production in Aydın Province. Among the factors that known as a cause of death in watermelon, Fusarium wilt is one of the most common one worldwide. In this study, the field surveys were conducted in the watermelon producing areas of Aydın and its counties to determine prevalence and incidence of the disease and to collect diseased plant samples. The surveys revealed that the disease prevalence ranged between %45-100 in the counties. A total of 185 *Fusarium* spp. isolates were recovered from 470 samples collected from the watermelon plants exhibiting wilting symptoms. As a result of pathogenicity and diagnosis studies, 73 isolates were identified as *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* (*Fon*). In the fields where the *Fon* isolates obtained, the incidence of Fusarium wilt was found to be between %0.17-12. Of these isolates %28.8 were identified as race 0, %37.0 were Race 1 and %34.2 were Race 2. Race 3, known as the most virulent race of *Fon*, was not detected. According to the reactions of five current commercial watermelon cultivars (Crimson Sweet, Crimson Tide, Galaxy, Wonder and Anthem F1) to native and tester isolates, Wonder and Crimson Sweet were determined as the least and the most susceptible ones, respectively. On the other hand as a result of pairings, *nit* mutants of the 56 isolates were gathered under three different VCGs. Among them 28 isolates were VCG 0080 and 13 were VCG 0082. The rest (15) were formed an another group.

Keywords: *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*, watermelon, *Fon* races, *Fon* vejetative compatibility groups.

ÖNSÖZ

Tecrübelerinden ve engin bilgilerinden yararlandığım, sadece akademik hayatta değil sosyal yaşantımda da örnek aldığım, danışman hocam Prof. Dr. M. Timur DÖKEN'e akademik hayatım boyunca bana kazandırdığı bilimsel bakış açısı ve tezimin gerçekleşmesinde bana verdiği destekten dolayı öncelikle teşekkür ederim.

Tez İzleme Komitesi toplantılarında katkılarını ve görüşlerini esirgemeyen Prof. Dr. Serap AÇIKGÖZ ve Prof. Dr. Erkol DEMİRCİ hocalarıma beni sabırla dinledikleri için,

Laboratuvar ve arazi çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Öğr. Gör. Nuri KİLİMCİ, Uzman Dr. Aytül UÇAK KOÇ, Yrd. Doç. Dr. Ferhat KİREMİT, Öğr. Gör. Dr. Murat UYGUN, Öğr. Gör. Dr. Ahmet Engin TÜZÜN ve Zerrin KIRILMAZ'a, ayrıca Koçarlı Meslek Yüksekokulu öğrencilerine değerli vakitlerini bana ayırdıkları için;

Tez çalışmamı ZRF-12011 No'lu araştırma projesi ile destekleyen Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü'ne, olanaklarından yararlandığım Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne ve TARBIYOMER Laboratuvarına,

Doktora çalışmamı yaptığım süreçte göstermiş oldukları anlayıştan dolayı Koçarlı Meslek Yüksekokulu Yönetimine;

Tezimin gerçekleşmesinden yazımına kadar desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgilerine ve tecrübelerine sıkça başvurduğum, sevgili eşim ve meslektaşım Doç. Dr. Ömer ERİNCİK'e, bize yaşama sevinci veren biricik kızımıza ve manevi desteklerinden dolayı aileme;

Sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ.	xi
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ.	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ... ..	xix
1. GİRİŞ.	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1. Sörvey Çalışmaları.	27
3.2. İzolatların Elde Edilmesi.....	28
3.3. Tek Spor İzolasyonu.	29
3.4. İzolatların Patojenisitelerinin Belirlenmesi.....	29
3.4.1. Referans <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>niveum</i> Kültürlerinin Elde Edilmesi....	30
3.4.2. Test Bitkisinin Yetiştirilmesi.	30
3.4.3. Patojenisite Testleri İçin İnokulasyon Yönteminin Belirlenmesi Üzerine Ön Çalışmalar.	30
3.4.4. İnokulumun Hazırlanması.	33
3.4.5. Spor Süspansiyonuna Daldırma Yöntemi ile İnokulasyon.....	35
3.5. <i>Fusarium oxysporum</i> İzolatlarının Tanılanması	37
3.6. İzolatların Bazı Kabakgillerde Patojenisitelerinin Belirlenmesi.	37
3.7. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>niveum</i> 'un Irklarının Belirlenmesi.....	38

3.8. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>niveum</i> İzolatlarının Vejetatif Uyum Gruplarının (VCG) Belirlenmesi.....	41
3.8.1. <i>Nit</i> Mutantların Elde Edilmesi.....	41
3.8.2. <i>Nit</i> Mutantların Fenotiplerinin Belirlenmesi.....	41
3.8.3. Vejetatif Uyum Gruplarının (VCG) Saptanması.....	42
3.9. Karpuz Çeşitlerinin <i>Fon</i> 'a Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi.....	43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
4.1. Aydın İli Karpuz Üretim Alanlarında Solgunluk ve Kurumaların Yaygınlığı.....	45
4.2. İzolatların Elde Edildiği Karpuzlarda Hastalık Belirtileri.....	48
4.3. <i>Fusarium</i> spp. İzolatlarının Koloni Özellikleri ve Tanı.....	51
4.4. <i>Fusarium</i> spp. İzolatların Patojenisiteleri.....	53
4.5. Patojen Bulunan İzolatların CLA Ortamında <i>Fusarium oxysporum</i> Olarak Tanılanması.....	59
4.6. İzolatların Karpuz Dışındaki Bazı Kabakgillerdeki Patojenisitesine Dayanarak <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>niveum</i> Olarak Tanılanması.....	61
4.7. Aydın İlinde <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>niveum</i> 'un Oluşturduğu Hastalığın Yoğunluğu.....	62
4.8. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>niveum</i> İzolatlarının Irkları.....	66
4.9. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>niveum</i> İzolatlarının Vejetatif Uyum Grupları (VCG).....	78
4.9.1. <i>Nit</i> Mutantlar ve Fenotipleri.....	78
4.9.2. <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>niveum</i> İzolatlarının Vejetatif Uyum Grupları (VCG).....	83
4.10. Karpuz Çeşitlerinin <i>Fon</i> ' a Karşı Reaksiyonları.....	88
5. SONUÇ.....	96
KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	111

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
°C	Santigrad derece
CLA	Carnation Leaf Agar (Karanfil Yaprak Agarı)
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
da	Dekar
<i>Fon</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>
FAO	Food and Agricultural Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
f. sp.	Forma speciales
g	Gram
HDE	Homodemycine
KCl	Potasyum klorür
KClO ₃	Potasyum klorat
KH ₂ PO ₄	Potasyum hidrojen fosfat
MgSO ₄	Magnesium sülfat
MO	Minimal Ortam
ml	Mililitre
µl	Mikrolitre
mm	Milimetre
mm ²	Milimetrekare
N/A	Not Applicable (Henüz belirlenmemiş)
NaOCl	Sodyum hipoklorit
NaNO ₂	Sodyum nitrit
NaNO ₃	Sodyum nitrat
<i>nit</i>	Nitrate nonutilizing mutants (Nitrat kullanmayan mutantlar)

PDA	Patates Dekstroz Agar
PDB	Patates Dextroz Broth
rpm	Rotation per minute (Dakikada devir sayısı)
spp.	Türleri
t/ha	ton/ hektar
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV	Ultra Violet
VCG	Vegetative Compatibility Group (Vejetatif uyum grubu)
YY	Yüzyıl

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Karpuz bitkilerinin kök bölgelerine pipetle spor süspansiyonu verilmesi.	31
Şekil 3.2. Karpuz bitkisinin gövdesine insülin şırıngası ile spor süspansiyonu verilmesi.....	32
Şekil 3.3. <i>Fusarium</i> spp. izolatlarının kök ve hipokotillerdeki gelişimi... ..	34
Şekil 3.4. Çalkalayıcıda sıvı ortamda gelişen <i>Fusarium</i> spp. izolatları	35
Şekil 3.5. Spor süspansiyonuna daldırılan (a) ve saksılara şaşırtılan (b) karpuz fideleri.	35
Şekil 3.6. Tarla koşullarında karpuz çeşitlerinden tohum elde etmek amacıyla hazırlanmış alanlar.	38
Şekil 3.7. Sera koşullarında yetiştirilen PI-296341-FR (a), Sugar Baby (b), Charleston Gray (c) ve Calhoun Gray (d) karpuz çeşitleri.....	39
Şekil 4.1. 2010 yılında Aydın ilinde yapılan sörveylerde incelenen karpuz tarlalarının coğrafik konumları ve bu tarlaların karpuz kuruma ve solgunluğu hastalıkları yönünden durumu	47
Şekil 4.2. 2011 yılında Aydın ilinde yapılan sörveylerde incelenen karpuz tarlalarının coğrafik konumları ve bu tarlaların karpuz kuruma ve solgunluğu hastalıkları yönünden durumu.	47
Şekil 4.3. Kuruma ve solgunluk yoğunluğunun yüksek olduğu bir karpuz tarlası.. ..	49
Şekil 4.4. İzolatların elde edildiği bitkilerin tek bir tarafında (a) ya da tamamında (b) görülen hastalık belirtileri.....	50
Şekil 4.5. PDA besi ortamı üzerinde <i>Fusarium</i> spp. kolonileri. Havai miselyum oluşan koloni (a) Havai miselyum oluşmayan koloni (b).	52
Şekil 4.6. Patojenisite testi uygulanmış Sugar Baby karpuz fideleri.....	53
Şekil 4.7. Patojenisite testinde SO-10 (a) ve SO-26 (b) izolatlarının fidelerin yeşil aksamında oluşturduğu solgunluk ve kurumalar	54
Şekil 4.8. CN-6 (a) ve ME-6 (b) izolatlarının iletim demetlerinde oluşturduğu kahverengileşme.....	55

Şekil 4.9. <i>Fusarium oxysporum</i> 'un mikrokonidi, makrokonidi (a) ve klamidosporları (b).	60
Şekil 4.10. Ayırıcı karpuz çeşitlerinin Irk 2 izolatu SO-12'ye karşı gösterdikleri reaksiyonlar..	66
Şekil 4.11. NA-1 izolatında fazla gelişemeyen durgun koloniler içinde ince ve hızlı gelişen, klorata dayanıklı alanlar	79
Şekil 4.12. <i>Fon</i> izolatlarına ait nit mutantların farklı azot kaynaklarına göre fenotipik olarak sınıflandırılması. <i>nit1</i> (a), <i>nit3</i> (b), NitM (c).	80
Şekil 4.13. SO-9 (a) ve KO-27 (b) izolatların farklı nit mutantları arasında eşleştirme sonucu oluşan heterokaryosis	83
Şekil 4.14. VCG 0080 ve VCG 0082 grubuna ait referans izolatlarla eşleştirilen KO-2 kodlu <i>Fon</i> izolatının VCG 0080 ile oluşturduğu heterokaryosis... ..	84
Şekil 4.15. KO-1 izolatının sırasıyla Anthem F1 (a), Crimson Sweet (b), Crimson Tide (c), Wonder (d), Galaxy (e) karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık	89
Şekil 4.16. KO-17 izolatının sırasıyla Anthem F1 (a), Crimson Sweet (b), Crimson Tide (c), Wonder (d), Galaxy (e) karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık.	91
Şekil 4.17. CN-5 izolatının sırasıyla Anthem F1 (a), Crimson Sweet (b), Crimson Tide (c), Wonder (d), Galaxy (e) karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyada karpuz yetiştiriciliğinde en önde gelen ülkelerin üretim durumları (Anonymous, 2012).	2
Çizelge 1.2. Türkiye’de bölgelerin karpuz üretim durumları (Anonim, 2013).....	2
Çizelge 1.3. Türkiye’de karpuz üretiminde önde gelen illerin üretim durumları (Anonim, 2013).....	3
Çizelge 1.4. 2013 yılında Aydın’ın karpuz üretimi yapılan ilçelerindeki üretim durumları (Anonim, 2013).....	4
Çizelge 3.1. 2008 ve 2009 yılına ait Aydın iline bağlı ilçelerde karpuz üretiminin durumu (Anonim, 2009) ve sörveyler sırasında incelenen alan.....	27
Çizelge 3.2. Referans izolatların kodu, ırkı ve dahil olduğu vejetatif uyum grubu	30
Çizelge 3.3. Karpuz kök boğazı ve gövdesinde oluşan nekroz uzunluklarının skala değerleri ..	36
Çizelge 3.4. <i>Fon</i> izolatlarının ırklarını belirlemede kullanılan ayırıcı çeşitler ve reaksiyonları	40
Çizelge 3.5. Farklı azot kaynaklarındaki gelişme durumlarına göre <i>nit</i> mutantların fenotipleri.....	42
Çizelge 3.6. Irk 0, Irk 1, Irk 2’ye ait olan <i>Fon</i> izolatları arasından seçilen virülensliği en düşük ve en yüksek izolatlar.	43
Çizelge 4.1. 2010-2011 yıllarında Aydın ili karpuz ekim alanlarında yapılan sörveylerde saptanan karpuz kurumalarının yaygınlığı	48
Çizelge 4.2. Aydın’ın farklı ilçelerinden elde edilen izolatların oluşturduğu hastalığın % değerleri	57
Çizelge 4.3. <i>Fon</i> izolatları ve elde edildiği ilçeler.	62
Çizelge 4.4. Aydın’da bin tonun üzerinde karpuz üretimi yapan ilçelerde <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp <i>niveum</i> ’un neden olduğu karpuz solgunluk hastalığının yoğunluğu.....	64
Çizelge 4.5. Ayırıcı karpuz çeşitlerinin Irk 0 izolatlarına karşı reaksiyonları ve hastalanan bitkilerin oranı (%)......	67

Çizelge 4.6. Ayırıcı karpuz çeşitlerinin Irk 1 izolatlarına karşı reaksiyonları ve hastalanan bitkilerin oranı (%).	69
Çizelge 4.7. Ayırıcı karpuz çeşitlerinin Irk 2 izolatlarına karşı reaksiyonları ve hastalanan bitkilerin oranı (%).	71
Çizelge 4.8. Farklı fizyolojik ırklar'a ait <i>Fon</i> İzolatlarının Aydın ilçelerine göre dağılımı.	73
Çizelge 4.9. Irk 0'a ait olan <i>Fon</i> izolatlarının ayırıcı karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalığın yüzde değerleri, tümünde hastalandırdığı bitki sayısı ve bunlar arasında ölen bitkilerin sayısı.	75
Çizelge 4.10. Irk 1'e ait olan <i>Fon</i> izolatlarının ayırıcı karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalığın yüzde değerleri, tümünde hastalandırdığı bitki sayısı ve bunlar arasında ölen bitkilerin sayısı.	76
Çizelge 4.11. Irk 2'ye ait olan <i>Fon</i> izolatlarının ayırıcı karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalığın yüzde değerleri, tümünde hastalandırdığı bitki sayısı ve bunlar arasında ölen bitkilerin sayısı.	77
Çizelge 4.12. Irk 0, Irk 1, Irk 2'ye ait virülensliği en düşük ve en yüksek <i>Fon</i> izolatları.	78
Çizelge 4.13. İlçelere göre <i>Fon</i> izolatlarından elde edilen <i>nit</i> mutantlar ve fenotipleri.	81
Çizelge 4.14. <i>Fon</i> izolatlarının elde edildiği ilçeler, bu izolatların ırkları ve vejetatif uyum gruplarına göre dağılımı.	86
Çizelge 4.15. Irk 0'ın en virüent izolatı olan SO-25'in bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti.	88
Çizelge 4.16. Irk 0'ın en düşük virülensliğe sahip izolatı olan KO-1'in bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti.	89
Çizelge 4.17. Irk 1'in en virüent izolatı olan SH-12'nin bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti.	90
Çizelge 4.18. Irk 1'in en düşük virülensliğe sahip izolatı olan KO-17'nin bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti.	90
Çizelge 4.19. Irk 2'nin en virüent izolatı olan SO-12'nin bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti.	91

- Çizelge 4.20. Irk 2'nin en düşük virüslensliğe sahip izolatı olan CN-5'in bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti92
- Çizelge 4.21. Irk 0' a ait yerel izolat SO-25 ile Irk 0 referans izolatının bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti..... 93
- Çizelge 4.22. Irk 1'e ait yerel izolat SH-12 ile Irk 1 referans izolatının bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti.....94
- Çizelge 4.23. Irk 2'ye ait yerel izolat SO-12 ile Irk 2 referans izolatının bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti94

1. GİRİŞ

Yazlık bir sebze olan karpuz (*Citrullus* spp.), iştah açıcı ve ferahlatıcı etkisinden dolayı insanoğlunun hep severek tükettiği bir besin kaynağı olmuştur. Karpuz, insan sağlığı açısından önemli bir yere sahip olup, içeriğinde bulunan likopenin etkili bir antioksidan olmasından dolayı insanda kalp krizini, pankreas, prostat ve mide kanseri riskini azalttığı ve deriyi UV zararından koruduğu, ayrıca mide rahatsızlığına, göz ağrılarına, baş ağrılarına da iyi geldiği bildirilmektedir (Fraser ve Bramley 2004; Guner ve Wehner, 2004).

Besin değerleri bakımından çok zengin olan karpuzun içeriğinde A, B, C vitaminleri ve %8-14 oranında şeker bulunurken, tohumlarının da yağ ve proteince zengin olduğu belirtilmektedir (Garster, 1997; Perkins, 2005; Sarı, 2006).

Sıcak ve oldukça uzun bir gelişme dönemine gerek duyan karpuz bitkisinin gelişimi için optimum sıcaklık 20-25 °C olup (Şeniz vd., 1995), en elverişli topraklar derin geçirgen, su tutma kabiliyeti yüksek, kumlu-tınlı veya tınlı-kumlu topraklardır. Özellikle akarsu kenarlarındaki topraklar çok uygun olup, bazı ülkelerde veya yörelerde akarsu kenarlarındaki milli topraklarda susuz olarak yetiştirilir. Karpuz bitkisi için en uygun toprak pH'sı 5.0-6.5 olan hafif asitli topraklardır (Vural vd., 2000; Tuna ve Özer 2005).

Birçok yöresi iklim ve toprak özellikleri bakımından karpuz yetiştiriciliği için uygun olan ülkemiz önemli üretim potansiyeline sahiptir. Nitekim FAO'nun 2012 yılı kayıtlarına göre (Çizelge 1.1.) dünyada toplam karpuz üretimi 105 milyon 372 bin ton olup, %66.0'lık payla Çin ilk konumda bulunurken, Türkiye %3.8'lik bir payla ikinci sırada yer almaktadır (Anonymous, 2012).

Çizelge 1.1. Dünyada karpuz yetiştiriciliğinde en önde gelen ülkelerin üretim durumları (Anonymous, 2012)

Ülkeler	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
Çin	18.150.000	70.000.000
Türkiye	1.650.000	4.044.184
İran	1.450.000	3.800.000
Brezilya	946.120	2.079.547
Mısır	630.660	1.874.710
ABD	516.000	1.770.630
Cezayir	546.260	1.495.081
Rusya	1.251.000	1.453.315
Özbekistan	460.000	1.350.000
Kazakistan	567.000	1.154.900
Meksika	375.230	1.033.524
Dünya	34.729.970	105.372.341

Ülkemizde karpuz, domates ve patatesten sonra en fazla üretilen 3. sebzedir. Karpuz üretimi yaygın olarak Akdeniz Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ege ve Marmara Bölgeleri'nde yapılmaktadır (Sarı, 2006). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nin 2013 yılı verilerine göre (Çizelge 1.2.) Ege Bölgesi, Türkiye toplam karpuz üretimi olan 3 milyon 887 bin tonun yaklaşık %16'lık kısmını karşılamaktadır (Anonim, 2013).

Çizelge 1.2. Türkiye'de bölgelerin karpuz üretim durumları (Anonim, 2013)

Bölgeler	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
Akdeniz	249.959	1.379.571
Güney Doğu Anadolu	229.064	684.719
Ege	177.171	615.161
Marmara	142.925	564.244
İç Anadolu	93.781	302.945
Karadeniz	42.761	192.277
Doğu Anadolu	43.797	148.407
Toplam	979.458	3.887.324

Ege Bölgesi'nde yer alan Aydın ili ise, karpuz üretiminde İzmir, Manisa, Muğla ve Denizli illerinden sonra gelirken (Çizelge 1.3.) bölgedeki 615 bin tonluk toplam karpuz üretiminin %9.6'lık payına sahiptir (Anonim, 2013).

Çizelge 1.3.Türkiye'de karpuz üretiminde önde gelen illerin üretim durumları (Anonim, 2013)

İller	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
Adana	124.497	775.219
Antalya	77.002	365.841
İzmir	50.691	199.598
Diyarbakır	53.580	196.190
Ankara	47.350	140.475
Şanlıurfa	44.990	134.208
Manisa	38.960	124.265
Mersin	19.507	122.310
Samsun	21.200	121.475
Mardin	40.755	113.624
Bursa	30.444	111.037
Balıkesir	25.507	108.278
Muğla	22.508	101.981
Adıyaman	32.700	86.202
Denizli	23.526	83.852
Edirne	19.647	77.389
Batman	29.570	73.898
Bilecik	13.141	71.209
Karaman	16.665	69.870
Aydın	15.641	59.115
Tekirdağ	16.271	54.400
Muş	13.950	52.585
Gaziantep	13.388	42.569
Konya	10.465	40.744

TÜİK' in 2013 yılı kayıtlarına göre yaklaşık 59 bin tonluk karpuz üretimi yapılan Aydın ilinin ilçeler bazındaki üretim alanları ve üretim miktarları ile ilgili değerler ise Çizelge 1.4.'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre ilçeler arasında Çine ilçesi üretimde ilk sırada yer almaktadır (Anonim,2013).

Çizelge 1.4. 2013 yılında Aydın'ın karpuz üretimi yapılan ilçelerindeki üretim durumları (Anonim, 2013)

İlçeler	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
Çine	3.750	15.000
Sultanhisar	1.970	9.720
Söke	2.800	8.400
Nazilli	1.390	4.950
Koçarlı	800	4.704
Karpuzlu	950	4.275
Bozdoğan	841	3.244
Merkez	1.060	2.800
Karacasu	500	1.000
Didim	300	900
Germencik	300	900
Kuyucak	275	825
Köşk	200	800
İncirliova	125	625
Buharkent	50	350
Kuşadası	125	312
Yenipazar	205	310

Karpuz üretimi birçok faktörün olumsuz etkisi altında bulunmaktadır. Bunlardan biri de Fusarium solgunluğu hastalığıdır. Karpuz Fusarium solgunluğu hastalığı dünyada ve ülkemizde karpuz yetiştirilen tüm alanlarda ortaya çıkan ve çoğu kez karpuz üretimini sınırlayan faktörlerin başında yer almaktadır (Martyn and Mclaughlin,1983; Bora vd., 1994). Bilinen tüm Fusarium solgunluğu hastalıkları arasında ilk tanımlananlardan birisi olan bu hastalık (Egel ve Martyn, 2007) ilk kez Smith (1894) tarafından ABD' de Güney Carolina ve Georgia'da saptanmış ve karpuz üretiminin yapıldığı birçok eyalete hızlı bir şekilde yayılarak önemli zararlara yol açmıştır (Martyn,1987; Bruton vd.,1988; Martyn ve Bruton, 1989;

Zhou ve Everts, 2003). Daha sonraki yıllarda hastalığın Türkiye (Akdoğan, 1969), İsrail (Netzer ve Dishon, 1973), Yunanistan (Netzer, 1976), Tayvan (Sun ve Huang, 1985), Kıbrıs (Ioannou ve Poullis,1991), İspanya (Gonzales-Torres vd., 1993), Çin (Xuewei vd., 1995) Kore (Kwon ve Om, 1998) ve Avustralya' da (Tran-Nguyen vd., 2013) bulunduğu bildirilmiştir.

Türkiye'de ilk kez 1965 yılında Marmara Bölgesinde saptanan *Fusarium* solgunluğu karpuzda %50' den fazla zarar yaptığı bildirilmiştir (Akdoğan, 1969). Daha sonra Ege Bölgesinde, İzmir, Manisa, Aydın illerinde belirlenen bu hastalığın (Bora ve Özkut, 1972; Karaca ve Qureshi, 1979; Qureshi ve Yıldız, 1982; Filiz ve Turhan, 1991), Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde de bulunduğu (Yücel vd., 1999; Kurt vd., 2005) ve bu bölgelerde ciddi ekonomik kayıplara neden olduğu saptanmıştır.

Karpuz yapraklarında önce renk açılması şeklindeki belirtilerle dikkati çeken karpuz *Fusarium* solgunluğu bitkinin tüm gelişme dönemlerinde görülebilir. Genellikle kökboğazına yakın yaşlı yapraklarda başlayan ve uçlara doğru ilerleyen yaprak sararmaları, daha sonra solgunluk ve takiben kuruma bitkinin toprak üstü organlarında görülen hastalık belirtileridir. Kök ve kök boğazında da kahverengileşmelere neden olan bu hastalığa *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (E.F. Sm.) Snyd. & Hans.' ın (*Fon*) adlı bir fungus neden olmaktadır (Egel ve Martyn, 2007).

Eşeyli üreme devresi bilinmeyen *Fon* aseksüel üreme yapıları olan mikrokonidi, makrokonidi ve klamidosporeleri ile tanınmaktadır. Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamında genelde beyazdan pembe- açık mora kadar değişen renkte yuvarlak koloniler oluşturan bu etmenin mikrokonidileri oval veya böbrek şeklinde genelde tek hücreli olup, makrokonidiler kıvrık, kano şeklinde, 3-5 hücrelidir. Klamidosporeler tek hücreli olup tek, çift, kısa zincir veya küme şeklinde oluşabilirler (Leslie ve Summerell, 2006).

Sadece karpuzlarda solgunluğa neden olan *Fon*' un 0, 1, 2 ve 3 olmak üzere toplam 4 fizyolojik ırkı saptanmıştır (Zhou vd., 2010). Ayrıca genetik çeşitlilik açısından dört farklı vejetatif uyum grubu (VCG) altında toplanan *Fon* izolatlarının VCG' leri VCG 0080, VCG 0081, VCG 0082 (Larkin vd.,1990) ve VCG 0083 (Zhou ve Everts, 2007) olarak numaralandırılmıştır.

Tek döngülü bir hastalık etmeni olan *F.oxysporum* f. sp. *niveum* optimum 20-27 °C sıcaklıkta bulunan ve nem oranı %25' den düşük ve pH'sı 5.5- 6.5 olan hafif kumlu, yüksek nitrojen içeren topraklarda çok daha yaygın olarak görülmektedir (Martyn, 1996). Hastalığın tarla içerisinde ve tarladan tarlaya yayılması bulaşık toprağın çiftlik ekipmanları, toprak işleme, sulama, rüzgar, sel baskını, aşırı yağış, hayvanlar gibi kültürel ve çevresel faktörler tarafından taşınması ile gerçekleşmektedir (Ferreira ve Boley, 1991). Hastalığın uzun mesafelere taşınımından enfekteli üretim materyalleri sorumludur. Hastalık tohumla da taşınabilmektedir (Kuniyasu, 1980; Martyn, 1987; Michail vd., 2002). Fakat tohumun nasıl enfekte olduğu anlaşılmış değildir. Enfekteli bitki üzerinde oluşan tohumların doğrudan enfekte olduğu ve/veya etmenin hasat ve tohum alma sırasında bulaşmış olabileceği düşünülmektedir (Gordon ve Martyn, 1997).

Günümüzde bu hastalıkla mücadelede birçok yöntem uygulanmaktadır. Hastalığa karşı etkili olabileceği belirtilen kültürel önlemler arasında, hastalıktan ari fide ve tohum kullanılması, hastalıklı bitki artıklarının uzaklaştırılması (Egel ve Martyn, 2007), gübrelemeye dikkat edilmesi (Karaca ve Qureshi, 1979; Qureshi ve Yıldız, 1982) vurgulanmaktadır. Diğer bir kültürel önlem olan ekim nöbetinin toprakta patojen inokulumu artışı engellemenin nedeniyle hastalığın mücadelesinde etkili olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Hopkins ve Elmstrom, 1984; Sun ve Huang, 1985; Martyn ve Netzer, 1991; Hopkins vd., 1992; Zhou ve Everts, 2004).

Hastalığa karşı alınan kültürel önlemlerin yanısıra solarizasyon (Martyn ve Hartz, 1986; Sherf ve Macnab, 1986), toprak fumigasyonu veya pastörizasyonu (Hopkins ve Elmstrom, 1976), biyolojik mücadele (Biles ve Martyn, 1989; Martyn vd., 1991; Bora vd.,1994; Freeman vd., 2002; Harveson vd., 2002; Tziros vd.,2007; Hamed vd., 2009) yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Bu hastalığın kontrolünde güvenilir, ekonomik ve etkili bir kimyasal yöntem bulunmamaktadır (Forsyth vd., 2006).

Karpuzlarda *Fusarium* solgunluğu hastalığının etkin bir şekilde kontrolüne yönelik olarak dayanıklı çeşitlerin ıslahı ve yetiştirilmesi açısından önemli adımlar atılmıştır (Martyn ve McLaughlin, 1983; Hopkins ve Elmstrom, 1984; Wang ve Zhang, 1988; Biles ve Martyn, 1989). Çeşitli araştırmacılar dayanıklı çeşitlerin kullanımının diğer mücadele yöntemlerinden daha başarılı ve pratik olduğunu belirtmekle birlikte günümüzde üreticilerin de tercih ettiği dayanıklı çeşit

seçiminde bölgedeki *Fon* ırklarının varlığının ve yaygınlığının dikkate alınması gerekliliğine de işaret etmektedirler. (Netzer ve Martyn, 1989; Martyn ve Netzer; 1991; Martyn, 1996; Koike vd.,2003; Zhou ve Everts, 2003).

Verdiğimiz kaynak bilgilerden de anlaşılacağı üzere Aydın ve ilçelerinde karpuz *Fusarium* solgunluğu ile ilgili çok az bilgi bulunmaktadır. Bu nedenle de hastalığın günümüzdeki yaygınlık ve yoğunluğunun ne olduğu, dolayısıyla karpuz üretiminde ne derecede etkili olduğu hakkında bir yorum yapmak olası değildir. Bu bakımdan ilk etapta kurumaların ve *Fusarium* solgunluğunun Aydın ilinde gerçek boyutlarıyla ortaya konulması hedeflenmiştir. Diğer taraftan karpuz yetiştirilen alanlarda yaygın olarak bulunan ve üretimi büyük çapta olumsuz yönde etkileyen *Fon*'un mücadelesinde en başarılı stratejilerinden biri dayanıklı karpuz çeşitlerinin ıslahı ve kullanımınıdır. Ancak patojenin dört farklı fizyolojik ırkının olması dayanıklı çeşit kullanımını karmaşık hale getirmektedir. Dayanıklı çeşit kullanımından istenilen etkinin sağlanabilmesi için yetiştiricilik yapılacak bölgede patojenin hangi ırklarının yaygın olduğunun ve üretimi yapılacak karpuz çeşitlerinin bu ırklara karşı olan duyarlılıkların bilinmesi önem arz etmektedir. Ancak Aydın ilinde mevcut *Fon* populasyonu içindeki fizyolojik ırklar ve bunların dağılımı konusunda bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle *Fon* populasyonundaki ırk çeşitliliğinin belirlenmesi ve Aydın ilinde üretimi yapılan karpuz çeşitlerinin bu ırklara karşı reaksiyonlarının ortaya konması ulaşılmak istenen diğer hedefler arasındadır. Ayrıca bu çalışmada *Fon* izolatlarının vejetatif uyum grupları (VCG) da saptanarak Aydın ili karpuz üretim alanlarındaki *Fon* populasyonlarının genetik çeşitliliğinin de ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Anavatanı Afrika olan Karpuz (*Citrullus* spp.), tarımı uzun yıllar öncesine dayanan oldukça önemli bir sebzedir. David Livingstone' un 1854 yılında Afrika'da yapmış olduğu bir araştırmada birçok yabani karpuz rastlaması üzerine karpuzun gen merkezinin Afrika olduğu kesin bir şekilde kanıtlanmıştır (Wehner, 2010). İlk olarak 5000 yıl önce Mısır' da üretilmeye başlandığı belirtilen karpuzun daha sonra Anadolu ve İran'da tarımı yapılmıştır (Pitrat vd., 1999). Karpuz 10. yy. da Çin ve Güney Rusya'da, 13. yy.'ın sonlarına doğru da Avrupa'da, yayılış göstermiştir. 16. yy. başlarında ise kölelikle birlikte Amerika'da tanınmış, yaygın olarak üretilmeye ve tüketilmeye başlanmıştır (Robinson ve Deckers-Walters, 1997; Vural vd.,2000).

Kabakgiller (Cucurbitaceae) familyasının *Citrullus* Schrad. cinsine bağlı olan karpuzun üretimi dünyada geniş bir alana yayılmış olup çok farklı türleri bulunmaktadır. Bu türlerden *Citrullus lanatus* [(Thunb.) Matsum. & Nakai] dünya'da tropik ve subtropik bölgelerde yetiştirilen ve en fazla çeşitlilik gösteren tür olup (Maynard, 2001), kültür formu *Citrullus lanatus* var. *lanatus* [(Thunb.) Matsum. & Nakai] ve yabani form olan *Citrullus lanatus* var. *citroides* (L.H. Bailey Mansf.) alt türlerini içermektedir (Whitaker ve Bemis, 1976; Bates ve Robinson, 1995; Robinson ve Decker-Walters, 1997; Wehner, 2008). *C. lanatus* var. *lanatus* günümüzde tüm dünyada ticari olarak yetiştiriciliği yapılan ve tüketilen karpuz alt türüdür (Ellul vd., 2007).

Dünyada milyonlarca hektar üretim alanı ile en yaygın sebzeler içerisinde yer alan karpuzun varlığı ve üretimi 1800'lü yılların sonlarına doğru *Fusarium solgunluğu* nedeni ile olumsuz yönde etkilenmeye başlamıştır. *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (E.F. Sm.) Snyder & Hans. (*Fon*) adlı bir fungal etmenin neden olduğu bu hastalık önce Amerika'da, daha sonra da Asya ve Avrupa'da karpuz üretim alanlarında büyük çapta tahribat oluşturmuştur (Martyne ve McLaughlin, 1983; Bora vd., 1994; Martyn, 2012a).

Ülkemizde *Fusarium solgunluğunun* yaygınlık ve yoğunluğunun ortaya konulmasına yönelik çalışmalardan Çukurova Bölgesi'nde Yücel ve diğerlerinin 1993-1994 yılları arasında yapmış oldukları araştırmada karpuzda *Fusarium solgunluk* hastalığının Adana ve İçel'de yaygınlık oranının sırası ile %56.6 ve

%66.6, yoğunluğunun ise %16.2 ve %23.1 olduğunu bildirmişlerdir (Yücel vd., 1999).

Kurt vd. (2005), Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu illerinde 2004 yılında karpuz solgunluğuna en fazla Diyarbakır (%51.0) ilinde en az Mersin ilinde (%18.8) rastlandığını kaydetmişlerdir. Hastalık yaygınlığının ise en fazla Adana ilinde (%51.5) gözleendiğini bunu Adıyaman (%46.2) ve Mersin illerinin (%42.1) izlediğini, Diyarbakır da ise en düşük olduğunu (%27.3) bildirmişlerdir. Bu alanlarda solgunluk belirtisi sergileyen bitkilerden alınan örneklerden izole ettikleri etmenlerin %76'sının *Fon* olduğunu saptamışlardır.

Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesini kapsayan bir başka çalışmada da; *Fusarium* solgunluk hastalığının yaygınlığının %27.3-63.6 arasında değiştii bulunmuştur. Nitekim her iki bölgede topraktaki inokulum yoğunluğunun 116.1 ile 4444.7 CFU/g arasında bulunduğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ortalama inokulum yoğunluğunun (1547.2 CFU/g) Akdeniz Bölgesi ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu saptanmıştır (Kurt vd., 2008).

Toprak kökenli bir hastalık olan karpuz *Fusarium* solgunluğu, karpuz üretilen alanlarda bitkinin tüm gelişme dönemlerinde ortaya çıkabilir. Hastalığın ilk belirtileri, öncelikle yapraklarda ortaya çıkan soluk, gri-yeşil renk oluşumudur. Bu belirtileri, genellikle kökboğazına yakın yaşlı yapraklarda başlayan ve uçlara doğru ilerleyen yaprak sararmaları takip eder. Daha sonra bu yapraklar hızla suyunu kaybeder, 2-3 gün içerisinde de solar ve kururlar (Martyn, 1996).

İlk belirtilerin başlangıcı bitkinin kol atmaya başladığı dönem olup solgunluk bir kolda başlar, diğer kollar ise genellikle sağlıklı görünür. İnokulum yoğunluğunun yüksek ve konukçu bitkinin duyarlı olduğu durumlarda bitki kısa süre içinde ölebilir. Hastalıktan etkilenen ancak ölmeyen bitkiler ise küçük kalır, verimde önemli oranda azalma meydana gelir. *Fusarium* solgunluğunun en güvenilir ve doğru tanı belirtisi, iletim demetlerinde ortaya çıkan kahverengileşmedir (Egel ve Martyn, 2007).

Fusarium solgunluğu çevresel faktörlere, konukçu bitkinin yaşına, patojen popülasyonunun saldırganlığı ve yoğunluğuna bağlı olarak erken dönemde çökertenle başlayıp geç döneme kadar devam edebilmektedir (Martyn vd., 1991).

Stres koşulları ve meyve olum dönemlerinde solgunluk belirtileri daha sıklıkla görülmektedir (Martyn, 1996).

Bu hastalık dünyada ilk kez Smith tarafından 1890'lı yılların başında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 'nin güney bölgesinde ağır kayıplara neden olan gizemli bir karpuz solgunluğu hastalığı olarak ifade edilmiştir. Birkaç yıl içerisinde aynı araştırmacı patojeni tanılamış, hastalığı karpuzda *Fusarium solgunluğu*, hastalığa neden olan etmeni de *Fusarium niveum* E.F.S. olarak adlandırmıştır (Smith, 1894). Smith bu etmeni pamuk solgunluk etmeni *Neocosmospora vasinfectum*'un eşeysiz formu olduğunu ileri sürse de daha sonra bu teşhisin yanlış olduğu saptanmıştır (Orton, 1907).

1940 yılında Snyder ve Hansen tarafından yapılan revizyonla *Fusarium Elegans* seksiyonu altında toplanan 10 tür çok sayıda patojenik forma *specialis* içeren *Fusarium oxysporum* adı ile tek bir türe indirgenmiştir. Böylece karpuz solgunluk etmeni de *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f. sp. *niveum* (E.F. Sm.) W. C. Snyder & H. N. Hans olarak isimlendirilmiştir (Martyn, 2012a).

Dünyada pamuktan sonra tanımlanan ikinci *Fusarium solgunluğu* etmeni olan *Fon* (Atkinson, 1892), Ascomycota şubesinin, Sordariomycetes sınıfına ait, Hypocreales takımının Nectriaceae familyasında yer almaktadır (Gordon ve Martyn, 1997; Baayen vd., 2000; Leslie ve Summerell, 2006).

Eşeyli üreme devresi bilinmeyen *Fon*'un (Booth, 1971, Egel ve Martyn, 2007) aseksüel üreme yapıları mikrokonidi, makrokonidi ve klamidosporlardır (Nelson vd.,1983). Genelde bir hücreli olan mikrokonidiler oval yada böbrek şeklinde olup kısa konidioforlar üzerinde oluşur. Mikrokonidiler kökleri enfekte edebilmekte fakat bunların primer enfeksiyondaki rolünün çok önemli olmadığı düşünülmektedir (Ebbale ve Sachs, 1990).

Makrokonidiler ise kıvrık, kano şeklinde olup 3-5 hücresi bulunmaktadır. Makrokonidiler kökleri enfekte edebilseler de bu sporların en önemli rolü klamidospor oluşurabilmesidir. Genelde uygun olmayan koşullarda ve/veya konukçu öldüğünde meydana gelen klamidosporların kışlama sporu olarak görevleri son derece önemlidir. İki tip klamidospor oluşumu vardır. Birincisi, makrokonididen oluşan klamidospor, ikincisi ise hifin üzerinde oluşan klamidospordur (Schippers ve Van Eck, 1981). Hifin üzerinde oluşan

klamidosporlar tek ve/veya çift olarak hifin ortasında yada ucunda yer almaktadır (Egel ve Martyn, 2007).

Patojenin yaşam çemberi bütün kabakgillerde aynıdır. Toprak sıcaklığı 20-27 °C olduğunda, makrokonidi ve klamidosporların çimlenmesiyle oluşan hifler köklerde enfeksiyonu gerçekleştirirler. Hif yan köklerin çıktığı yerlerden ve/veya köklerdeki yaralardan bitkiye giriş yapar ve ksilemde kolonize olur. Ksilem borularında mikrokonidiler oluşarak ksilemdeki akışla sağlıklı kısımlara taşınır. Bu kısımlarda da çimlenerek misel ve tekrar mikrokonidiler oluşur ve enfeksiyon sistemik hale gelir (Egel ve Martyn, 2007).

Hastalığın tipik belirtisi olan solgunluk, konukçunun ksilem dokularında tyloseslerin oluşumu ile birlikte ortaya çıkar. Tyloses parankima hücrelerinin ksilem boruları içerisine doğru oluşturduğu baloncuklar olup ksilemi tıkayarak patojenin gelişmesini yavaşlattığı gibi, su taşınmasını da engeller. (Beckman, 1987). Dayanıklı çeşitlerde tyloses çok hızlı gelişerek sistemik enfeksiyonun önünü keser. Ancak duyarlı çeşitlerde tyloseslerin yavaş gelişmesi sonucu fungus ilerlemesi engellenemez. Fungus gelişmeye devam ederken çok daha fazla tyloses meydana gelerek boruları tıkar, su taşınımı durur ve solgunluk oluşur. Tyloses oluşumuna ek olarak etmen ksilemde parankima hücrelerinin parçalanmasına ve zank oluşumuna neden olur. Oluşan zank aynı zamanda tıkanmayı arttırarak solgunluğu hızlandırır. Bu solgunlukta fungal toksinlerin ne derece etkili olduğu bilinmemektedir. Hastalık etmeninin enfeksiyonu sadece ksilem ile sınırlı kalmakla birlikte konukçu bitki öldüğünde ölü dokularda da kolonize olur ve dokuların üzeri beyaz miseliyal tabaka ile kaplanır ve makrokonidiler oluşur. Miseller ve makrokonidiler üzerinde meydana gelen klamidosporlar takiben toprağa karışırlar. Misel üzerinde oluşan klamidosporların 15-20 yıl canlı kaldığı belirtilmektedir (Egel ve Martyn, 2007).

Sadece karpuzlarda solgunluğa neden olan *Fon*'un çeşitli izolatları arasında önemli virüleslik farklarının olduğunu saptaması üzerine McKeen (1951) Kanada'da *Fon*'un fizyolojik ırklarının olabileceğini ilk kez duyurmuştur. Ayırıcı karpuz çeşitlerinin gösterdiği reaksiyonlar esas alınarak tanılanan dört adet *Fon* ırkından (Irk 0, Irk 1, Irk 2 ve Irk 3) Irk 0 ve Irk 1 ilk kez ABD Florida'da Crall tarafından belirlenmiş ve Cirulli tarafından adlandırılmıştır (Cirulli, 1972).

İrk 0, tüm ırklar arasında en düşük virülensliğe sahip, sadece solgunluğa karşı hiçbir dayanıklılık geni olmayan Sugar Baby ve Black Diamond gibi hassas karpuz çeşitlerinde solgunluğa neden olan ırktır. Bu nedenle ekonomik önemi oldukça düşüktür (Zhou vd., 2010).

Dünyada karpuz üretim alanlarında en yaygın olan İrk 1 ise (Martyn ve Bruton, 1989), orta düzeyde virülensliğe sahip olup, hastalığa dayanıklı olarak sınıflandırılmış olan birçok çeşitte hafif ve orta düzeyde solgunluğa neden olmaktadır (Martyn ve Netzer, 1991).

Üçüncü ırk olan İrk 2 ise, ilk olarak 1973 yılında İsrail’de (Netzer ve Dishon, 1973) daha sonra diğer Akdeniz Ülkeleri Yunanistan, Türkiye (Netzer, 1976), Kıbrıs (Ioannou ve Poullis, 1991) ve İspanya’da (Gonzalez-Torres vd., 1993) saptanmıştır. İrk 2 yüksek düzeyde virülensliğe sahip bir ırk olup, günümüzde üretimi yapılan bütün ticari karpuz çeşitlerinde solgunluğa neden olmaktadır (Martyn, 1987; Zhou ve Everts, 2001,2003).

Bu ırkların dışında son olarak Zhou vd. (2010)’nin yapmış oldukları bir araştırmada da dördüncü ırk olan İrk 3 ABD Maryland’de bulunmuş ve bu ırkın İrk 2’den daha yüksek virülensliğe sahip olduğu saptanmıştır.

1987 yılında ABD Oklahoma’da bulunan karpuz üretim alanlarından elde edilen 23 *Fon* izolatu ayırıcı karpuz çeşitleri Florida Giant, Mirage, Jubilee, Madera, Charleston Gray, Crimson Sweet ve Calhoun Gray’e inokule edilerek virülenslikleri değerlendirilmiştir. Tüm izolatlar arasından bir izolatu karpuz çeşitlerinde %70-93 oranında solgunluğa neden olduğu saptanarak bu izolatu İrk 2’ye ait olduğu belirtilmiştir (Bruton vd.,1988).

Uzun süreli monokültür olarak karpuz üretimi yapılan alanlarda kullanılan çeşitlerin patojenin topraktaki populasyon yapısını etkilediği sonucuna varılan çalışmada İrk 1’e dayanıklı olduğu bilinen Calhoun Gray ve Dixielee çeşitlerinin bulunduğu parsellerde İrk 2’nin varlığına %70 oranında rastlanmıştır. Diğer taraftan duyarlı Florida Giant çeşidinin yetiştirildiği parsellerde ise İrk 2’nin bulunma oranı %10’un altında bulunmuştur (Hopkins vd., 1992).

Maryland ve Delaware’de (ABD) karpuz üretimi yapılan tarlalardan elde edilen 63 *Fon* izolatu 6 ayırıcı karpuz çeşidi (Calhoun Gray, Dixielee, Allsweet, Charleston Gray, Crimson Sweet ve Sugar Baby) üzerindeki virülensliklerinin

değerlendirilmesi ile izolatların %21'inin (13 adeti) Irk 0, %57'sinin (36 adeti) Irk 1 ve %22'sinin (14 adeti) ise Irk 2'ye ait olduğu saptanmıştır. Ayrıca toprakta inokulum yoğunluğu arttıkça patojenisitenin de doğrusal olarak arttığı belirlenmiştir (Zhou ve Everts, 2003).

Egel vd. (2005)'de ABD'nin Indiana ve Ortabatı Bölgesi'nde iki ticari tarladaki solgun bitkilerden elde ettiği 2 adet *Fon* izolatının Black Diamond çeşidinde %100, Charleston Gray çeşidinde %95 ve Calhoun Gray çeşidinde ise %80 oranında oluşturduğu solgunluk düzeylerine dayanarak bu izolatların Irk 2'ye ait olduklarını belirlemişler ve bu eyaletlerde Irk 2'nin varlığını ilk kez rapor etmişlerdir.

ABD'nin Georgia eyaletinin Crips Bölgesinde Bruton vd. (2008) %40 oranında solgunluğun bulunduğu Regency ve Tri-X 313 adlı çekirdeksiz karpuz çeşitlerinin yetiştirildiği tarlalardan elde ettikleri 8 adet *Fon* izolatını irklarını belirlemek üzere ayırıcı karpuz çeşitlerine inokule etmişlerdir. İzolatlardan birinin; 0, 1 ve 2 Irklarına karşı hassas olan Black Diamond çeşidinde %95-100 oranında; 1 ve 2 Irklarına karşı hassas olan Charleston Gray çeşidinde % 68-80 oranında; sadece Irk 2'ye karşı hassas olan Calhoun Gray çeşidinde ise %70-86 oranında solgunluk oluşturması üzerine Irk 2'nin Georgia eyaletinde de bulunduğunu ilk kez bildirmişlerdir.

Zhou vd. (2010) ise ABD Maryland'den elde ettikleri 4 adet *Fon* izolatının virülensliklerini belirlemek üzere 0, 1 ve 2 no'lu Irklara ait referans izolatlar ile karşılaştırmışlardır. Irk tanımlamasında kullanılan Sugar Baby, Charleston Gray, Calhoun Gray ve PI-296341-FR çeşitlerinde testlenen ve oldukça virulent bulunan tüm izolatların özellikle 2 no'lu ırka karşı yüksek düzeyde dayanıklı olan PI- 296341-FR çeşidinde %78-100 arasında solgunluk oluşturduğu saptanmıştır. Bu izolatların, PI- 296341-FR bitkilerinin gövde alt kısımlarında referans Irk 2 izolatından çok daha yoğun bir şekilde kolonize olduğunu gözlemlemeleri sonucu bu dört izolatın yeni bir ırk grubu olan Irk 3'e ait olduğunu ve virülensliklerinde diğer irklara göre çok yüksek bulunduğunu belirtmişlerdir.

Ülkemizde de çok sayıda olmamakla birlikte *Fon*'un fizyolojik irklarının belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. Ege Bölgesi'nde yürütülen bir çalışmada bölgeden elde edilen solgunluk etmenine ait 23 izolatın fizyolojik irkları farklı karpuz çeşitlerinde (Sugar Baby, Charleston Gray ve Calhoun Gray)

testlenerek belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucu toplanılan 23 izolattan ikisinin Irk 0, bir izolatin Irk 1 olduğu, diğer 20 izolatin ise her üç karpuz çeşidini de hastalandırmasından dolayı etmenin başka ırk ya da ırkları olabileceği kanısına varılmıştır (Qureshi ve Yıldız, 1982). Yine aynı bölgeden Filiz ve Turhan (1991) tarafından elde edilen 37 *Fon* izolatından 2'si Irk 0, 8'i Irk 1, ve 27'si Irk 2 olarak tanımlanmıştır.

Çukurova Bölgesi'nde 1993-1994 yılları arasında *Fon* izolatlarının ırklarını belirlemek üzere yapılan çalışmada, elde edilen 47 *Fon* izolatının 3 adedi Irk 0, 30'u Irk 1, 14'ü Irk 2 olarak tanımlanmıştır (Yücel vd., 1999).

2006 yılında Adana ve Mersin (İçel) illerini kapsayan bir yüksek lisans çalışmasında elde edilen 25 adet *Fon* izolatının 4'ü Irk 0, 7'si Irk 1, 14' ü de Irk 2 olarak belirlenmiştir (Ay ve Erkılıç, 2008).

Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni kapsayan bir başka çalışmada da Akdeniz Bölgesi'nden elde edilen izolatların %47.6'sının Irk 0, %38.1'inin Irk 1, %14.3' ünün Irk 2 olduğu; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden elde edilen 12 *Fon* izolatından 4'ünün Irk 0, 8'inin Irk 1 olduğu belirtilirken, bu bölgede Irk 2 nin bulunmadığı bildirilmiştir (Kurt vd., 2008).

F. oxysporum ile ilgili populasyon çalışmalarında izolatların fizyolojik ırklarının yanı sıra VCG'leri de belirlenmektedir. Puhalla (1985), *F. oxysporum*' u alt gruplara ayırmada VCG'lerini alternatif bir kriter olarak izolatların karakterizasyonunda kullanmıştır. Correll (1991), Fernandez vd. (1994) VCG'leri belirlenerek yapılan karakterizasyonların *Fusarium* izolatlarının sınıflandırılmasında kullanılan yöntemlerden biri olduğunu belirtmişlerdir. *Fusarium oxysporum*' un genetik çeşitliliğini ortaya koymada yararlı bir yöntem haline gelen VCG testleri (Zhou ve Everts, 2007) populasyonun patojen olmayan kısmının karakterizasyonuna da olanak sağlamaktadır (Correll, 1991). VCG ile ilgili yapılan çalışmalar bu etmenin patolojisi, populasyon biyolojisi ve ırk ilişkilerini anlama konusunda önemli katkılar sağlamıştır (Correll, 1991; Leslie, 1993; Kistler, 1997).

F. oxysporum' un izolatları arasında vejetatif uyumluluğu analiz etmede nitrat kullanmayan (*nit*) mutantlardan yararlanılmaktadır (Puhalla 1985, Puhalla ve Spieth, 1985). Bu mutantlar farklı azot kaynaklarını kullanabilme yeteneklerine

göre *nit 1*, *nit 3* ve *NitM* olarak 3 farklı fenotipe ayrılmaktadır (Correll vd., 1987). Eğer iki izolatın *nit* mutantları minimal ortamda eşleştirildiğinde anastomosis oluşması sonucu yabancı tipte gelişme gösteren heterokaryon oluşuyor ise izolatların aynı VCG' a ait oldukları belirlenir (Gordon ve Martyn, 1997; Katan, 1999).

Puhalla 1980'lerin ortalarında ilk olarak *Fusarium oxysporum*'un 21 adet straini vejetatif uyum açısından veya heterokaryon oluşturma yetenekleri yönünden sınıflandırmıştır. Çalışmada, heterokaryon oluşumu nitrati indirgeyemeyen iki mutantın (*nit* mutant) eşleştirilerek birbirine temas ettiği bölgelerde yoğun misel gelişimi şeklinde tanımlanmıştır. 21 izolatın her birinden genetik olarak farklı iki mutant elde edilmiş ve bunların minimal ortam üzerinde tüm kombinasyonlarda eşleştirmeleri sonucu toplam 16 VCG belirlenmiştir. Puhalla bu çalışmanın sonunda VCG ve forma *speciales* arasında bazı korelasyonların bulunabileceğini, ayrıca VCG' lerin *F. oxysporum* patotiplerini ayırmada hızlı ve kolay bir yol olabileceğini bildirmiştir (Puhalla, 1985).

Kistler vd. (1998)' de *F. oxysporum*'un 30'dan fazla *formae speciales* içindeki genetik çeşitliliği ortaya koymak üzere yaptığı çalışmada 125'in üzerinde VCG saptamıştır.

Fon izolatlarına yönelik yapılan incelemelerde ise dört farklı vejetatif uyum grubu belirlenmiş ve bu gruplar VCG 0080, VCG 0081, VCG 0082 (Larkin vd., 1990) ve VCG 0083 (Zhou ve Everts, 2007) olarak numaralandırılmıştır.

Larkin vd. (1990) farklı ülkelerden topraktan ve hasta karpuz bitkilerinden elde edilen 250 adet *Fon* izolatın VCG'lerini ve *Fon* ırklarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada *nit* mutantlar heterokaryon oluşturma özelliklerine göre, *Fon*'un ırkları ise 6 farklı karpuz çeşidinin (Florida Giant, Charleston Gray, Crimson Sweet, Sugarlee, Dixielee ve Calhoun Gray) izolatlara karşı gösterdikleri reaksiyonlara göre saptanmıştır. *Fon* izolatları 3 farklı VCG grubundan (VCG 0080, VCG 0081 ve VCG 0082) birinde yer alırken, karpuzdan izole edilen nonpatojen izolatlar ile uyumlu bulunmamıştır. Irklar açısından ise *Fon* izolatlarının iki farklı ırka ait olduğu (Irk 1 ve Irk 2) saptanmıştır. Ayrıca ırklar ile VCG'ler arasında korelasyon belirlenerek VCG 0080'in ABD'nin Florida, Maryland, İndiana, Güney Karolina, Kalifornia eyaletlerinden, Tayvan ve Avustralya'dan elde edilen Irk 1 izolatlarını içerdiği belirlenmiştir. VCG 0081'in ise sadece Florida'dan elde edilen Irk 1

izolatlarını , VCG 0082'nin tüm karpuz çeşitlerinde ciddi solgunluğa neden olan sadece Irk 2 izolatlarını içerdiği saptanmıştır. Bu çalışma ile vejetatif uyumluluk testinin *Fon* izolatları arasında patojen yada nonpatojen izolatların belirlenmesinde kullanılabilceği gibi *Fon*'u diğere formlara specialeslerden ayırt etmede de kullanılabilceği ileri sürülmüştür.

Zhou ve Everts (2007)'de ABD'nin Delaware ve Maryland eyaletlerinde karpuz tarlalarında solgunluk belirtisi gösteren bitkilerden ve bulaşık topraklardan elde ettikleri 88 adet *Fon* izolatından 74'ünün VCG gruplarını belirleyerek bunların üç VCG (0080, 0082 ve 0083) altında toplandığını kaydetmişlerdir. Bu izolatların 41'nin VCG 0080'de yer aldığını saptayarak bunun en çok yaygınlık gösteren grup olduğunu bildirmişlerdir. 27 izolatın VCG 0082'ye ait olduğunu, 6'sının ise yeni bir VCG grubunda (VCG 0083) yer aldığını belirlemişlerdir. VCG 0080 izolatları arasından 8'i Irk 0, 21'i Irk 1 ve 12'si Irk 2 iken, VCG 0082 izolatlarından 6'si Irk 0, 11'i Irk 1, 10'u Irk 2 olarak saptanmıştır. VCG 0083 izolatlarının hepsi Irk 2 olarak belirlenmiştir. Bu araştırma sonucu, ırklarla VCG'ler arasında bir korelasyon olduğu düşüncesinin aksine; bir VCG içerisinde birden fazla ırk olabileceği gibi, birden fazla VCG grubunun aynı bitkiden ya da aynı tarladan izole edilebileceği bildirilmiştir. Ayrıca aynı ırkın farklı VCG leri arasında yapılan testlerden de izolatların saldırganlıkları arasında fark olmadığı görülmüştür.

Ülkemizde bu konuda yapılan araştırmada Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nden elde edilen *Fon*'un 0, 1 ve 2 nolu ırklarına ait izolatların VCG yöntemi ile genetik analizi ve popülasyondaki genetik çeşitliliğinin belirlenmesi amaçlamıştır. Çalışmada *nit* mutantları arasında eşleştirmeler sonucu heterokaryon oluşturanlarda 4 farklı VCG grubu tespit edilmiştir. Bu gruplardan Irk 2 tek bir grup içerisinde yer alırken Irk 0 ve Irk 1'in farklı gruplar içerisinde yer aldığı belirtilmiştir (Kurt vd., 2007).

Smith' in ilk karpuz *Fusarium* solgunluğunu açıklamasından bu yana yaklaşık 125 yıl geçmiş olsa da, bu hastalık günümüzde karpuz üretiminde dünya çapında ekonomik kayıpların önemli bir nedeni olmaya devam etmektedir (Martyn, 2012a). Bu hastalığı kontrol altına almak diğere toprak kökenli fungal hastalıklarda olduğu gibi oldukça zordur. Böyle hastalıkların mücadelesinde ilk olarak temiz üretim materyali kullanılması, toprak işleme ve sulamaya dikkat edilmesi, hastalıklı bitki artıklarının yetiştirme ortamından uzaklaştırılması (Egel ve Martyn, 2007) önerilirken gübrelemenin de hastalığın kontrolünde etkili olduğu

belirtilmektedir. Nitekim Qureshi ve Yıldız (1982) yapmış oldukları bir çalışmada azot ve kalsiyumun artan seviyelerinin hastalık çıkışını önemli derecede engellediği, bunun yanı sıra potasyum ve fosfor beslenmesinin hastalık gelişimini engellemesi yönünde önemli bir etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır.

Zhou ve Everts (2004) ise, karpuzlarda *Fusarium solgunluğunu* kontrol etmek için yeşil gübre olarak tüylü fiğ *Vicia villosa*'yı kullanmışlardır. Yaptıkları sera çalışmalarında, %0.25-0.5 oranında toprağa karıştırılan fiğın hastalık çıkışında %54-69 oranında azalma, karpuzun vejetatif aksamında ise %100-220 oranında artış sağladığını saptamışlardır. Fiğın kışın siyah plastik malçla birlikte kullanılması sonucunda da %42-48 oranında hastalık azalmasının yanısıra %64-100 oranında kuru ağırlık, %34-68 oranında meyve ağırlığı ve %10-15 oranında da meyvede şeker miktarında artış olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlarla birlikte Tüylü fiğ içeren toprağın malçlanması dayanıklı çeşit kullanımına ya da ürün rotasyonuna alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Diğer bir kültürel önlem olan ekim nöbetinin; patojenin topraktaki inokulumunun artmasına engel olmasından dolayı hastalığın mücadelesinde etkili olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Hopkins ve Elmstrom, 1984; Sun ve Huang, 1985; Martyn ve Netzer, 1991; Hopkins vd.,1992; Zhou ve Everts, 2004). Bu konuda farklı yıllarda yapılan çalışmalarda; 4-5 yıl boyunca dayanıklı çeşitlerle monokültür yapılan alanlarda yıllara göre solgunluk yüzdelerinin arttığı, duyarlı çeşitlerde ise bu artışın çok daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu çalışmalarda yüksek dayanıklılığa sahip çeşitlerde de solgunluk yüzde oranlarının artış nedeni olarak, dayanıklılığın kırılması ya da bu alanlardaki saldırgan ırkların popülasyonlarının artışı gösterilmiştir (Hopkins ve Elmstrom, 1984; Hopkins vd., 1992).

Hastalığa karşı alınan kültürel önlemlerin yanı sıra solarizasyon uygulamalarının da hastalık oranını azalttığı belirtilmektedir. Nitekim ABD' nin Teksas eyaletinde solgunluğun görüldüğü alanlarda 30 ve 60 günlük solarizasyon uygulamasının hastalığın çıkışını geciktirdiği ve hastalıklı bitkilerin oranını azalttığı, fakat tam olarak kontrolü sağlamadığı saptanmıştır. Nitekim 60 günlük solarizasyon uygulanan alanlarda yapılan karpuz üretiminde, gelişiminin 4. haftasında yapılan ölçümlerde hastalığın bulunma oranı %46 iken, kontrol parsellerinde hastalığın bulunma oranı %93 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada solarizasyon uygulaması sırasında maksimum sıcaklığın 17-19 Temmuz da 2 cm derinlikte 60 °C, 10 cm

derinlikte 50 °C, 20 cm derinlikte 42 °C, 30 cm derinlikte 37 °C ye ulaştığı belirtilmiştir (Martyn ve Hartz, 1986).

Karpuz *Fusarium* solgunluğuna karşı uygulanan kimyasal m¼cadeleinin ise çok etkin ve ekonomik olmadığı belirtilmektedir (Martyn ve Hartz, 1986). Hastalığın kimyasal m¼cadelesi ile ilgili Çin’ de yapılan bir çalışmada; organo-bakırlı bir ilaç olan Homodemycine ve *Fusarium* solgunluklarına karşı kullanılan carbendazim ile thiophanate methyl’in Homodemycine ile birlikte etkileri tarla koşullarında karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda Homodemycine uygulamasının oldukça etkili bulunduğu ve HDE’ nin aynı zamanda iyi bir gelişim d¼zenleyici olarak da kullanılabilieceği belirtilmiştir (Li ve Liu,1990).

Mısır’da 2009 yılında yapılan bir araştırmada ise; 3 fungusit (Rizolex-T, Topsin-M, Rhizo-N) ve 2 biosit (Plant Guard, Humix) kullanılarak hastalığın kimyasal kontrol¼ndeki etkileri incelenmiştir. Sera koşullarında uygulanan t¼m kimyasallar tohum daldırılarak ve toprağa ilaçlı su verilerek uygulanmış, sonuçta Topsin-M (Thiophanate-methyl) her iki uygulamada da hastalık ¼zerinde oldukça etkili bulunmuştur (Hamed vd., 2009).

ABD’ de ise karpuz üretim alanlarında *Fon*’un Irk 2’ye karşı daha hassas olan triploid çeşitlerde verim kaybının artması sonucu 2008-2010 yılları arasında Maryland, İndiana, Georgia ve Delaware eyaletlerinde 14 farklı kimyasalın *Fusarium* solgunluğu ¼zerine etkilerini belirlemek amacıyla sera ve tarla koşullarında toprağa fungusit uygulaması yapılmıştır. Bu kimyasallar bir kez toprağa ekimle birlikte karıkla sulama şeklinde ayrıca bir diğer deneme de ekimden sonra 0, 2 ve 4 haftalarda damla sulama ile verilmiştir. Uygulanan kimyasallardan prothioconazole (Proline) tek başına ve acibenzolar-S-methyl (Actigard) ve/veya thiophanate-methyl (Topsin M) ile kombinasyon halinde etkili bulunmuş ve karpuz bitkileri ¼zerinde fitotoksisiteye neden olmadığı saptanmıştır (Everts vd., 2014).

Karpuzda solgunluk hastalığının biyolojik m¼cadelesi ile ilgili de çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, kontroll¼ koşullarda biyolojik m¼cadele uygulamalarından iyi sonuçlar alınsa da tarla koşullarında etkilerinin az olduğu belirtilmektedir (Bora vd., 1994; Martyn vd., 1991) .

Solgunluk hastalığına karşı uygulanan biyolojik mücadele yöntemlerinden birisi patojen olmayan *Fon* 'ların patojen *Fon* 'lara karşı kullanılmasıdır. Patojen olmayan *Fon* 'lar toprakta besin için daha iyi rekabet edebilmekte ve bitkilerde dayanıklılık mekanizmasını uyarabilmektedirler (Martyn vd., 1991; Fravel vd., 2003). Nitekim Biles ve Martyn (1989), yaptıkları çalışmada farklı duyarlılıktaki karpuz çeşitlerine (Black Diamond, Dixielee ve Royal Jubilee) önce *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* ' un avirüent ırklarını ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* 'u bunu takiben 24 ve 72 saat sonra ise *Fon* 'un virüent ırklarını inokule etmişlerdir. Bu uygulamalar sonucu karpuzlarda solgunluğun azaldığı ve avirüent *Fon* ırkının dayanıklılığı daha çok teşvik ettiği bulunmuştur.

Harveson vd. (2002) de, *Sphaerodes retispora* var. *retispora* mikoparazitinin *Fon* üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sera koşullarında yapılan denemede mikoparazit fungus karpuz bitkilerine sodyum alginat peletler halinde saksı toprağının içine karıştırılarak ya da askopor süspansiyonuna karpuz bitkilerinin kökleri daldırılarak inokule edilmiştir. Bu çalışmada *Fon* inokule edilmiş kontrollere oranlara *S. retispora* var. *retispora* inokule edilmiş bitkilerin ölümlerinde dikkate değer bir azalma ve bitki kuru ağırlıklarında artış olduğunu saptamıştır. Araştırmacılar gelecekte fide üretiminde bu mikoparazitin sodyum alginat pellet halinde ekimle birlikte toprak karışımına pratik olarak uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Bir başka çalışmada da kavunda *Fusarium* solgunluğuna neden olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* (*Fom*) izolatlarından *Fom*-1 ve *Fom*-2'nin UV altında 4/4 ve 15/15 nolu mutantları elde edilmiş. Bu mutantlar spor süspansiyonuna daldırma yöntemi ile hassas karpuz ve kavun çeşitlerine inokule edilip ve daha sonrada *Fom*'un ve *Fon*'un virüent ırkları bulaştırılmıştır. Denemenin sonunda mutantlardan 4/4' ün bitkilerde kolayca kolonize olarak hastalığın gelişimini azalttığı saptanmıştır (Freeman vd., 2002).

İtalya'da yapılan bir çalışmada ise bilinen iki biokontrol *Pseudomonas* straini olan *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 ve *P. fluorescens* WCS365'in *Fon* üzerine antogonistik etkileri ayrı ayrı ve ikisi birlikte olmak üzere saksı denemelerinde incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391'in önemli derecede hastalık şiddetini azalttığı, *P. fluorescens* WCS365'in ise diğerine göre daha düşük etkiye sahip olduğu, ikisi birlikte uygulandığında ise orta derecede etkili olduğu görülmüştür (Tziros vd., 2007).

Hamet vd. (2009) laboratuvar koşullarında yapmış oldukları çalışmada da *Pseudomonas cepacia*, *P. fluorescens*, *Bacillus polymyxa*, *B. subtilus*'un *Fon* üzerine antogonistik etkileri araştırılmış ve sonucunda patojenin gelişimini %59 oranında azaltarak *P. fluorescens*' in en etkili antogonist olduğu, ayrıca bu dört bakterinin karışımının patojen gelişimini %73.9 oranında azaltarak daha etkili antogonistik etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

İspanya'da da *Penicillium oxalicum*'un karpuz ve kavunlarda solgunluk etmeni üzerine etkileri farklı büyüme ortamlarında araştırılmıştır. Karpuz fidelerine 7 gün boyunca sulama şeklinde verilen *P. oxalicum* sporları hastalık gelişimini iklim odasında %58, serada ise %54 oranında engellemiştir. Kavunlarda da olumlu sonuçlar elde edilirken araştırmacılar kavunlarda *P. oxalicum*'un Dazomet ile birlikte verilmesinin daha etkili olacağını bildirmişlerdir (De Cal vd., 2009).

Maryland ve Delaware'de ise *Fusarium* solgunluğuna karşı hassas triploid karpuz çeşidinin üretimin yapıldığı alanlarda yeşil gübrenin ve *Streptomyces lydicus*'un hastalığı baskılama, meyve miktarı ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemelerde kullanılan yer örtücü bitkilerin [*Vicia villosa* (Tüylü fiğ), *Trifolium incarnatum* (Kırmızı üçgül), *Secale cereale* (Çavdar), *Brassica juncea* (Hardal)] yeşil gübre olarak toprağa karıştırılmıştır. Hastalık düzeyinin yüksek olduğu alanlarda *V. villosa*, *T. incarnatum* verildiği parsellerde hastalığın %21 oranında azaldığı ölçülmüştür. Sadece *T. incarnatum*'un bulunduğu parselde %129 oranında meyve artışı belirlenmiştir. *Streptomyces lydicus* ise pek etkili olarak değerlendirilmemiştir (Himmelstein vd., 2014).

Ülkemizde 1992-1993 yılları arasında yapılan bir çalışmada, *Pseudomonas* izolatlarının *Fon* üzerine antogonistik etkileri araştırılmıştır. Kavun ve karpuz tarlalarında solgunluk belirtisi göstermeyen bitkilerin köklerinden elde edilen 28 Nolu Fluoresent *Pseudomonas* izolatının in vitro koşullarda hastalık etmeninin gelişimini %85 oranında azalttığı fakat in vivo koşullarında aynı etkiyi gösteremediği saptanmıştır (Bora vd., 1994).

Tüm bu anlatılan yöntemlerin karpuzda solgunluk hastalığının mücadelesinde etkili olduğu söylene ve önerilse de, hastalığa karşı en etkin, pratik ve ekonomik kontrol metodunun dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve kullanılması olduğu bildirilmektedir (Martyn ve McLaughlin, 1983; Hopkins ve Elmstrom, 1984; Ioannou ve Poullis, 1991; Zhou ve Everts, 2003).

Nitekim son 60 yıl içerisinde karpuz *Fusarium* solgunluğu hastalığının kontrolü için birçok yöntem araştırılmış fakat hiçbiri genetik dayanıklılığın yerini alamamıştır. Dayanıklı karpuz çeşitlerin elde edilmesi ve geliştirilmesi çalışmalarına Smith'in hastalık etmenini tanılamasından sonra, 1907 yılında Orton tarafından dayanıklı, yenmeyen yabancı karpuz çeşidi Citron ile duyarlı karpuz çeşidi olan Eden'nin melezlenerek *Fusarium*'a dayanıklı karpuz çeşidi Conqueror'un üretilmesi ile başlamıştır (Martyn, 2012a). Bunu takiben çok sayıda ıslahçı solgunluğa dayanıklı karpuz çeşitleri geliştirmeye yönelik çalışmalara ağırlık vermişlerdir. Nitekim 1930 yılında Florida Ziraat araştırma Enstitüsü'nde geniş çaplı ve uzun soluklu ıslah çalışmalarına başlanmıştır (Netzer ve Weintall, 1980).

Fred Andrus 1954'de Güney Carolina'da Charleston Gray çeşidini geliştirmiş ve bu çeşidin piyasada en çok tercih edilen çeşit olmasının yanısıra *Fusarium* ve Antraknoz'a da dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Adams, 1994).

Diğer bir ıslah programı ABD Kansas State Üniversitesi'nde 1953 yılında Charles Hall tarafından başlatılmış, birçok sera ve tarla denemesinden sonra 1963 yılında Crimson Sweet piyasaya sürülmüştür. Yine bu çeşidin de kırmızı etli ve tatlı olmasının yanısıra *Fusarium*'a dayanıklı olduğu saptanmıştır (Martyn, 2012a).

Barnes tarafından ABD Oklahoma'da üretimi yapılan farklı karpuz çeşitlerinin tarla koşullarında *Fon*' a karşı dayanıklılık oranları belirlenmiştir. Çalışma sonunda hastalığa karşı Calhoun Gray ve Summit çeşitlerinin yüksek düzeyde dayanıklı, Grahoma ve New White çeşitlerinin orta düzeyde dayanıklı, Hope Diamond, Charleston Gray ve Shipper çeşitlerinin düşük düzeyde dayanıklı, Crimson Sweet, Black Diamond, Jubilee, Sugar Baby ve Chris Cross çeşitlerinin ise hassas olduğu bulunmuştur (Barnes, 1972).

Elmstrong ve Hopkins (1981)'in 1974–1976 yılları arasında ABD Florida'da 6 yıl boyunca karpuz yetiştirilmemiş alanlarda yaptıkları çalışmada 24 karpuz çeşit ve hattından; Calhoun Gray, Smokylee ve Summit çeşitlerinin *Fusarium* solgunluğuna yüksek seviyede dayanıklı, Dixielee, Allsweet, Crimson Sweet, Charleston Gray, Louisiana Queen orta seviyede dayanıklı, Sweet Princess, Jubilee, Charleston 76, Klondike R7 ve Summerfield çeşitlerinin düşük seviyede dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Aralarında Sugar Baby' nin de bulunduğu diğer 11 çeşidin ise hassas olduğu saptanmıştır.

ABD Teksas'ta yürütülen bir araştırmada ise; 1981 yılında Güney Teksas'ta dayanıklılığı oldukça yüksek karpuz çeşitlerinin bulunduğu tarlalardan elde edilen ve aşırı saldırgan olduğu belirtilen bir *Fon* izolatu ile 1984 yılında Kuzey Teksas'ta hibrit karpuz çeşidine ait tohumdan elde edilen bir başka *Fon* izolatu'nun virü lenslikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca 10 adedi yüksek oranda dayanıklı olarak bilinen 17 farklı karpuz çeşidinin de bu izolatlara karşı dayanıklılıkları testlenmiştir. Sera koşularında yürütülen denemelerde her iki izolatu'nun da test edilen tüm karpuz çeşitlerinde %90 üzerinde solgunluğa neden olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan bu izolatu'nun virü lenslikleri 0, 1 ve 2 ırklarına ait başka izolatu'larla karşılaştırıldığında, İsrail'den elde edilen Irk 2 izolatu'ları ile benzer olduğu bildirilmiştir (Martyn, 1987).

Kıbrıs'da 1985 ve 1986 yıllarında yapılan sörveylerde plastik tünellerde genellikle dayanıklı bir çeşit olduğu bilinen Crimson Sweet'in yetiştirilmesine karşı örneklemeye yapılan tüm alanlarda solgunluğun bulunduğu belirtilmiştir. Hastalığın ortalama bulunma oranları 1985 yılı için %37, 1986 için %70, ortalama verim ise sırası ile 38 t/ha, 10 t/ha olarak saptanmıştır. Ayrıca sera koşularında bir duyarlı üç dayanıklı ayırıcı çeşitler üzerinde 12 *Fon* izolatu'nun patojenitesi testlendiği çalışmada izolatu'nun 3 farklı virü lenslik grubuna girdiği saptanmıştır. Tüm karpuz çeşitlerini yüksek oranda hastalandırımış izolatu'lar arasından seçilen F-3 kodlu *Fon* izolatu 30 yeni karpuz çeşidi üzerinde test edildiğinde tamamının bu izolata karşı yüksek duyarlılık gösterdiği kaydedilmiştir (Ioannou ve Poullis, 1991).

1988 yılında ise Güney Afrika Cumhuriyeti'nden toplanan PI-296341 (*Citrullus* spp.) karpuz çeşidinden geliştirilen PI-296341-FR genotipinin farklı coğrafi bölgelerden toplanan *Fon*'un 0, 1 ve 2 no'lu ırklarına ait izolatlara karşı dayanıklılığı araştırılmıştır. Farklı inokulasyon metodları uygulanarak yürütülen çalışma sonucunda PI -296341-FR genotipinin Irk 0 ve Irk 1 izolatu'larına karşı %100 dayanıklılık gösterdiği, Irk 2 izolatu'na karşı %0-5 oranında bir hassasiyet gözlenirse de bu ırka karşıda dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Netzer ve Martyn, 1989; Martyn ve Netzer, 1991).

Türkiye'de de karpuz çeşitlerinin *Fon* ırklarına karşı reaksiyonlarının belirlendiği çok az sayıdaki çalışmalardan Filiz ve Turhan (1991)'ın yaptığı araştırmada yerli (Siyah Alaca, Halep Karası ve Akşehir) ve yabancı (Sugar Baby, Charleston Grey, Calhoun Grey, Jubilee, Crimson Sweet ve Congo) karpuz çeşitlerinin Irk 2'ye karşı duyarlı oldukları saptanmıştır.

Çukurova Bölgesi'nde Yücel vd. (1999)'nin 1993- 1994 yılları arasında yapmış oldukları çalışmada da test edilen toplam 19 karpuz çeşidinin 0 ve 1 nolu ırklara karşı yüksek ve orta derecede dayanıklı olduğu, yine aynı çeşitlerin Irk 2'ye karşı ise duyarlı veya az dayanıklı olduğu saptanmıştır.

Yine aynı bölgeyi kapsayan Ay ve Erkılıç (2008)'ın yürüttüğü bir çalışmada ise Çukurova Bölgesi'nde yoğun olarak yetiştirilen 23 adet karpuz çeşidinin, *Fon* ırklarına karşı reaksiyonları belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda sadece Emperor çeşidinin Irk 0'a, Blade çeşidinin ise Irk 1'e karşı en hassas olduğu saptanırken, testlenen tüm çeşitlerin Irk 2'ye karşı duyarlı olduğu bulunmuştur.

Dayanıklı çeşit kullanımının sadece verim ve kalitenin artışı değil, aynı zamanda kimyasal kullanımını da azalttığı belirtilse de, dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıyla patojenin popülasyon yapısının değiştiği ve dayanıklı çeşitleri hastalandıran yeni virulent ırkların oluştuğu saptanmıştır (Netzer, 1976). Bunun ardından konukçu dayanıklılığının uzun süreli kalıcılığının ve etkinliğinin büyük oranda *Fon*'un fizyolojik ırklarının yaygınlığına ve topraktaki inokulum yoğunluğuna bağlı olduğu bildirilmiştir (Martyn ve McLaughlin, 1983; Martyn, 1996; Zhou ve Everts, 2003). Bu nedenle dayanıklılıkla ilgili çalışmalar yapan araştırmacılar, kontrol yönteminden olumlu sonuçların alınması için sürekli olarak yeni dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi ve bununla birlikte *Fon*' un bölgedeki ırklarının tanımının da yapılması gerektiğini önemle belirtmişlerdir (Netzer, 1976; Hopkins ve Elmstrom, 1984; Biles ve Martyn, 1989; Ioannou ve Poullis, 1991; Martyn, 1996; Zhou ve Everts, 2003; Egel ve Martyn, 2007; Wehner, 2008).

Netzer tarafından yapılan bir çalışmada İsrail'den elde edilen 6 lokal izolat ile virülensliği yüksek olduğu belirtilen ABD' den 3 adet izolat (2 Florida, 1 Kalifornia izolatı) ve Yunanistan' dan 1 adet izolatın virülenslikleri karşılaştırılmış ve İsrail izolatlarının tamamının yüksek virülensliğe sahip olduğu, ABD'den getirilen Calhoun Gray, Summit, Smokylee, Charleston Gray ve Sugar Baby çeşitlerinin tamamını hastalandırdığı belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Sugar Baby çeşitinin üretiminin yapıldığı tarlalardan alınan toprak örneklerinde inokulum yoğunluğunun 400-1800 propagül/g toprak arasında bulunduğu ve bitkilerde görülen solgunluğunda %95'den fazla olduğu saptanmıştır (Netzer, 1976).

Martyn ve McLaughlin (1983)' de bazı karpuz çeşitlerinin 1×10^3 , 1×10^4 , 1×10^5 ve 1×10^6 konidi/ml inokulum konsantrasyonlarında *Fon*'a karşı gösterdikleri reaksiyonları ölçmüşler ve oluşturdukları skalaya göre çeşitlerin dayanıklılık düzeylerini belirlemişlerdir. Buna göre solgunluk %80'den fazla ise “duyarlı”, %51-80 arasında ise “düşük seviyede dayanıklı”, %21-50 arasında ise “orta seviyede dayanıklı” ve %20'den az ise “dayanıklı” olarak değerlendirmişlerdir. Sonuçta çeşitlerin çoğunun inokulum konsantrasyonunun artmasıyla birlikte dayanıklılık açısından bir alt seviyeye düştüğü, Dixilee ve Smokylee çeşitlerinin ise 1×10^6 konsantrasyonda da yüksek oranda dayanıklılıklarını koruyabildikleri belirlenmiştir.

Fusarium solgunluğuna karşı bitkilerde oluşan dayanıklılık mekanizması ile ilgili bilgiler elde etmek üzere Çin'de, duyarlı ve dayanıklı bitkiler arasında patojenin enfeksiyon ve kolonizasyon farklılığını ortaya koymak için bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada yeşil florens protein monte edilen Irk 1'e ait *Fon* izolatu ile bu ırka hassas ve dayanıklı karpuz çeşitlerinin ilişkisi incelenmiştir. Fidelerin inokulasyonundan sonra fide dokuları konfokal lazer tarama mikroskopunda görüntülenmiş ve başlangıç evrelerinde hem dayanıklı hemde duyarlı bitkilerde benzer kolonizasyon görülürken, patojenin köke girişinden sonra dayanıklı çeşit bitkilerin farklı reaksiyonlar verdiği belirtilmiştir. Patojenin dayanıklı çeşitlerde de köklere girip kolonize olduğu fakat daha sonra ilerlemenin yavaşlayıp, kazık köke giriş yapamaması üzerine dayanıklılığın enfeksiyon sonrası ortaya çıktığını saptamışlardır. Bunun yanısıra yan köklerin dayanıklı çeşitlerde de patojen tarafından kolonize olduğu, fakat bu kolonizasyonun duyarlı çeşitlerdeki kadar yaygın olmadığı, hiflerin yan köklerin merkez silindir kısmına penetre ettiği ve yoğun bir hifsel yastık oluşturduğu ardından lateral köklerin tahribinin meydana geldiği belirtilmiştir. Ayrıca hem dayanıklı hem de duyarlı çeşitlerde appressorium oluşturduktan sonra doğrudan penetre ettiği epidermis hücrelerinin ilk enfeksiyon yeri olduğu ifade edilmiştir (Lü vd., 2014).

Fon 'un fizyolojik ırklarının belirlenmesi ve farklı karpuz çeşitlerinin bunlara karşı dayanıklılıklarının saptanmasına yönelik yapılan çalışmaların yanısıra dayanıklı anaçlar üzerine aşılana karpuz çeşitlerinin etmene karşı gösterdikleri reaksiyonlar da belirlenerek etkili mücadele yöntemleri araştırılmaktadır. Dayanıklı anaç üzerine aşılı karpuz kullanımı ABD'de masraflı ve işçilik isteyen bir yöntem olmasından dolayı tercih edilmese de, Asya ve Akdeniz ülkelerinde kabakgil anaçları yaygın olarak kullanılmaktadır. Nitekim Japonya'da karpuzlarda

Fon' a karşı dayanıklı olduğu bilinen "Bottle Gourd" isimli kabak çeşidi anaç olarak kullanılmaktadır (Kuniyasu, 1981).

Miguel vd. (2004) Valensiya'da 1993-2000 yıllarında yürüttükleri Methil bromide alternatif olarak aşılı karpuz ile yürütülen çalışmalarda, Shintosa kabağı (*Cucurbita maxima* × *C. moschata*) üzerine aşılı karpuzlardan daha fazla verim elde edildiğini, meyve büyüklüğünün arttığını ve meyve kalitesinde herhangi bir değişiklik olmadığını belirlemişlerdir. Aşılı fide kullanımının Fusarium solgunluğunu kontrol etmede Metil bromide alternatif olarak kullanılabilir faydalı, ucuz ve güvenli bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Keinath ve Hassell (2014) Irk 1'e karşı dayanıklı olan çekirdeksiz karpuz çeşidi Fascination'un Irk 1 ve Irk 2'nin karışık olduğu alanlarda Irk 2'ye olan duyarlılığından dolayı ürün kayıplarının oluşması nedeniyle bu alanlarda dayanıklı anaç kullanımına yönelik çalışma yürütmüşlerdir. Bu amaca yönelik olarak 2012 ve 2013 yıllarında Fascination karpuz çeşidi, su kabağı (*Lagenaria siceraria*) Macis, Emphasis, melez kabak (*Cucurbita moschata* × *C. maxima*), Strong Tosa ve Carnivor anaçları üzerine aşılanmış, kendine aşılana ve aşılanamayan Fascination bitkileri duyarlı kontrol bitkileri olarak kullanılmıştır. Fusarium solgunluğunun olduğu bitkilerin oranları açısından anaçlar arasında hiçbir farkın bulunmadığı bu çalışmada, aşılana bitkilerde bu oran %6 ve altında gözlemlenirken, kontrol bitkilerinde %52 ve üzerinde bulunmuştur.

Ülkemizde ise Yetişir vd. (2003)'nin dayanıklı anaç kullanımı yönünde yaptıkları çalışmada; bazı anaçların [*Cucurbita* (kabak), *Lagenaria* (su kabağı), *Luffa* (Lif kabağı), Benincasa (balmumu kabak) ve bazı ticari anaçlar] *Fon*'a karşı reaksiyonları test edilmiştir. Anaçlara hastalığa duyarlı olduğu bilinen Crimson Tide çeşidi aşılanaştır. Bütün anaçların ve aşılanaştır bitkilerin *Fon*'un üç irkına birden dayanıklılık gösterdiği bildirilirken, bu çalışmada ayrıca *Lagenaria* anaçlarının üzerine aşılanaştır karpuz veriminin, *Cucurbita* anaçlarına aşılanaştır göre çok daha fazla olduğu saptanmıştır.

Yine aynı çalışma grubu tarafından Türkiye su kabağının (*Lagenaria siceraria*) ve bu anaç üzerine aşılanaştır Crimson Tide karpuz çeşidinin *Fon*'a karşı reaksiyonlarının araştırıldığı çalışmada bütün su kabağı genotiplerinin *Fon*'un üç irkına da dayanıklı olduğu bulunmuştur. *Fon*'un üç irkına duyarlı olduğu bilinen Crimson Sweet karpuz çeşidinin de Türkiye su kabağı anacı üzerine aşılanaştırında

Fon'a karşı dayanıklı olduğu saptanmıştır. Bu çalışmayla Yetişir vd. (2007) Türkiye su kabağı genetik kaynaklarının karpuzda *Fusarium* solgunluğuna karşı güçlü bir anaç potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Sörvey Çalışmaları

Aydın İl Tarım Müdürlüğü'nden Aydın ili ve ilçelerindeki karpuz üretim alanları ve üretim miktarı ile ilgili alınan bilgiler doğrultusunda karpuz üretim alanlarındaki solgunluk ve kurumaların yaygınlığının, yoğunluğunun belirlenmesi, ayrıca hastalıklı bitki örneklerinin alınması amacıyla 2010-2011 yıllarında sörveyler yapılmıştır.

Bu amaçla öncelikle, 2008 ve 2009 yıllarına ait istatistiksel verilere göre karpuz üretiminin yapıldığı belirtilen ilçelerin tamamı (Çizelge 3.1.) gezilerek karpuz üretim alanları incelenmiş ve hastalığın yaygınlığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. 2008 ve 2009 yılına ait Aydın iline bağlı ilçelerde karpuz üretiminin durumu (Anonim, 2009) ve sörveyler sırasında incelenen alan

İlçeler	2008		2009		İncelenen alan (da)
	Üretim alanı (da)	Üretim miktarı (ton)	Üretim alanı (da)	Üretim miktarı (ton)	
Merkez	865	2.640	1.100	4.400	104
Bozdoğan	775	2.550	822	2.682	185
Buharkent	-	-	50	750	-*
Çine	5.300	21.200	4.900	19.600	160
Didim	300	900	300	900	-
Germencik	100	300	100	300	-
İncirliova	220	1.100	200	1.000	5
Karacasu	200	300	200	300	-
Karpuzlu	800	3.600	800	3.600	-
Koçarlı	3.000	17.640	3.000	17.640	483
Köşk	850	3.400	600	2.400	20
Kuşadası	110	440	110	440	-
Kuyucak	230	690	220	660	-
Nazilli	560	1.950	1.140	3.990	10
Söke	2.500	7.500	2.700	8.100	236
Sultanhisar	760	4.240	1.550	7.400	124
Yenipazar	350	600	350	600	124
Toplam	16.920	69.050	18.142	74.762	1.451

*Üretim alanı bulunamamıştır.

Hastalığın yaygınlığını belirlemek amacıyla üretim alanlarındaki karpuz bitkileri solgunluk hastalığı belirtilen alanların tamamında yada bir tarafında solgunluk ve/veya iletim demetlerinde kahverengileşmeler yönünden incelenerek tarlalarda hastalığın olup olmadığı saptanmıştır. Hastalık yaygınlığı incelenen tarlalar arasında hastalığın görüldüğü tarlaların oranı (%) olarak belirlenmiştir. Hastalığın yoğunluğu ise TÜİK'in 2008 ve 2009 yılı verilerine göre 1000 tonun üzerinde karpuz üretimi yapıldığı belirtilen ilçelerden (Çizelge 3.1.) Çine, Koçarlı, Söke, Sultanhisar, Merkez, Bozdoğan, Nazilli, İncirliova'da belirlenmiştir. Çizelge 3.1.'de karpuz üretiminin 1000 tonun üzerinde olduğu belirtilen ilçeler arasında yer alan Köşk ilçesinde yapılan sörveylerde tek bir tarla tespit edilmesi ve bu tarlada da hastalıklı bitki görülmemesi, Karpuzlu ilçesinde ise karpuz üretimi yapılan tarlanın bulunmaması nedeniyle bu iki ilçede hastalığın yoğunluğu saptanamamıştır. Yoğunluk hastalıklı bitkilerin oranı (%) olarak hesaplanmıştır. Değerlendirilmeye alınan bitki sayısı tarla büyüklüğüne bağlı olarak bitkilerin %2–10 arasında değişmiş olup şansa bağlı seçilen 20'li gruplar içinde bitkiler hasta ve sağlıklı olarak kaydedilmiştir.

3.2. İzolatların Elde Edilmesi

İzolasyon çalışmalarında kullanılmak üzere hastalıklı bitki örnekleri 2010 ve 2011 yıllarında yapılan sörveyler sırasında alınmıştır. Tarladaki hastalık yoğunluğuna bağlı olarak tipik solgunluk belirtisi sergileyen bitkilerden rastgele seçilerek örnekler topraktan sökülüştür. Bu bitkilerin kök boğazından itibaren yaklaşık 10 cm yukarıda kalan yeşil aksamı kesilerek atılmış, kalan kısmı kese kağıdı içinde laboratuvara getirilerek izolasyona kadar 4°C de buzdolabında saklanmıştır. 2010 yılında incelenen karpuz üretim alanlarından yaklaşık 120 adet, 2011 yılında incelenen alanlardan da yaklaşık 350 adet olmak üzere toplam 470 bitki örneği çalışmamızın ana materyali Fusarium Solgunluğu etmenini elde etmek amacıyla toplanmıştır.

İzolasyon için laboratuvara getirilen bitki örnekleri, çeşme suyu altında yaklaşık 1 dakika yıkandıktan sonra kök ve kök boğazından hastalıklı ve sağlıklı dokuyu içeren parçalar alınarak %5'lik sodyum hipoklorit içinde 2 dakika süre ile yüzeysel olarak dezenfekte edilmiştir. Daha sonra 2 defa steril damıtık suda durulanıp takiben steril filitre kağıtları arasında kurutulmuştur. Örnekler petri kaplarında bulunan 50 mgL⁻¹ streptomycin sulfatı içeren patates dekstroz agar (PDA) besiyeri üzerine konularak 27 °C de karanlıkta 2-3 gün inkübe edilmiştir.

İnkübasyondan sonra izolatların koloni morfolojileri incelenmiş ardından *Fusarium oxysporum*'un tipik kültürel özelliklerini taşıdığı gözlemlenen izolatların Nelson vd. (1983) tarafından *F. oxysporum*'un tür tanısında önerilen mikroskopik (makrokonidi, mikrokonidi) özellikleri de incelenmiştir. Oval ya da böbrek şeklinde mikrokonidi ve/veya kıvrık, kano şeklinde makrokonidilere sahip, başlangıçta beyaz daha sonra pembeden mora kadar değişen koloniler seçilip, tekrar aynı konsantrasyonda antibiyotik ilave edilmiş PDA besi ortamına aktarılarak inkübasyona alınmışlardır (Leslie ve Summerell, 2006).

İzolasyon çalışmaları sonucu *Fusarium oxysporum* olduğu düşünülen 185 adet *Fusarium spp.* izolatu elde edilmiştir.

3.3. Tek Spor İzolasyonu

Bu çalışmayı genetik açıdan saf ve homojen izolatlar ile yürütmek için tüm izolatların tek spor izolatları elde edilmiştir. Bunun için PDA besi ortamında gelişen 10-15 günlük kolonilerde mikrokonidi içeren 1 cm² lik miselli agar parçası, içerisinde 10 ml steril su bulunan tüplere aktarılmıştır. Tüpler vortekste yaklaşık bir dakika kadar çalkalanarak mikrokonidilerin suya karışması sağlanmıştır. Daha sonra süspansiyon 4 katlı steril tülbent bezinden geçirilerek misel parçalarından uzaklaştırılmıştır. Bu işlemin sonunda elde edilen süspansiyonun spor yoğunluğu hemositometrede saptanarak ve gerektiğinde seyreltilerek yoğunluk 4x10² mikrokonidi/ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Spor süspansiyonundan mikropipetle alınan 50 µl petri kapları içinde bulunan su agarı ortamı üzerine damlatılarak steril cam baget yardımıyla tüm yüzeye dağıtılmıştır. Petriler ışıksız ortamda 25 °C de yaklaşık 12-18 saat süre ile inkübe edilerek sporların çimlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra tüm ortam 5 mm çapında steril mantar delici ile kesilip mikroskop altında içerisinde bir tek çimlenmiş mikrokonidi bulunan 4-6 adet disk steril öze yardımıyla alınarak petri kaplarındaki PDA ortamına aktarılmıştır. Karanlık ortamda 25 °C de inkübasyon sonucu oluşan kolonilerden kültürel özellikleri bakımından orijinal izolata benzeyen koloniler PDA bulunan test tüplerine aktarılarak 4 °C de saklanmıştır.

3.4. İzolatların Patojenisitelerinin Belirlenmesi

Kültürel ve morfolojik özelliklerine göre *F. oxysporum* olabileceği varsayılan 185 *Fusarium spp.* izolatının karpuz bitkilerinde patojen olup olmadığını belirlemek

amacıyla patojenisite testi yapılmıştır. Bu çalışmada izolatların patojenisiteleri *Fon*' un tüm ırklarına duyarlı olduğu bilinen Sugar Baby karpuz çeşidi üzerinde testlenmiştir (Zhou vd., 2010).

3.4.1. Referans *Fusarium oxysporum f.sp. niveum* Kültürlerinin Elde Edilmesi

Tez çalışmasının tamamında referans olarak kullanılan *Fon* izolatları karpuz *Fusarium solgunluğu* ile ilgili çalışmaları bulunan Prof. Dr. Kathryn Everts (ABD, Maryland Üniversitesi, Bitki Bilimi ve Peyzaj Mimarlığı Bölümü)'den sağlanmıştır. Referans izolatların kodları, hangi ırka ve vejetatif uyum grubuna dahil olduğu Çizelge 3.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Referans izolatların kodu, ırkı ve dahil olduğu vejetatif uyum grubu

İzolat kodu	İrk	VCG
TX-471-1	0	80
ATCC44293	1	80
TX- X1D	2	82
MDZE-622	3	N/A *

*İzolatın VCG grubu belirlenmemiştir

3.4.2. Test Bitkisinin Yetiştirilmesi

Patojenisite testinde *Fon*'un tüm ırklarına duyarlı olduğu bilinen Sugar Baby karpuz çeşidi kullanılmıştır (Zhou vd., 2010). Karpuz bitkileri Martyn (1987)'in belirttiği gibi yetiştirilmiştir. Tohumlar öncelikle %5' lik sodyum hipoklorit solüsyonunda 5 dakika süreyle yüzeysel olarak steril edilmiştir. Daha sonra tohumlar sera koşullarında içerisinde otoklavda steril edilmiş toprak- torf- perlit (4:1:1,v/v/v) karışımının bulunduğu 45 gözlü bitki yetiştirme viyollerinde çimlendirilmiş ve karpuz fideleri elde edilmiştir. Bu fideler 15 cm çapındaki saksılara şaşırtılarak yetiştirmeğe alınmışlardır.

3.4.3. Patojenisite Testleri İçin İnokulasyon Yönteminin Belirlenmesi Üzerine Ön Çalışmalar

Patojenisite testlerine başlamadan önce elde edilen *Fusarium spp.* izolatlarının patojenisitelerinin belirlenmesinde en uygun yöntemi saptamak amacıyla bir ön çalışma yapılmıştır. Bu amaçla; daha önce farklı araştırmacılar tarafından kullanılmış

üç farklı inokulasyon yöntemi; spor süspansiyonuna daldırma (Latin ve Snell, 1986; Martyn, 1987; Burger vd., 2003), pipet ile inokulasyon (Latin ve Snell, 1986) ve insülin şırıngası ile inokulasyon (Boyhan vd., 2001), karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu inokulasyonlarda Çizelge 3.2.' de belirtilen *Fon*'ın farklı ırklarına ait referans izolatları Sugar Baby çeşidine inokule edilmiştir. İnokulum bölüm 3.4.4.'de açıklandığı şekilde hazırlanmış ve inokulum konsantrasyonu 1×10^6 mikrokonidi/ml olarak ayarlanmıştır (Zhou ve Everts, 2003; Zhou vd., 2010). Ayrıntıları bölüm 3.4.5' de verilmiş olan spor süspansiyonuna daldırma yönteminde, ilk gerçek yaprak dönemindeki karpuz fidelerinin kökleri toprağından temizlendikten ve makasla kesildikten sonra referans *Fon* izolatlarının spor süspansiyonuna daldırmak suretiyle inokule edilmiştir. Ardından da saksılara şaşırtılmıştır (Latin ve Snell, 1986; Martyn, 1987; Burger vd., 2003). Pipet ile inokulasyon yönteminde (Latin ve Snell, 1986), saksıda yetiştirilmiş karpuz fideleri yine ilk gerçek yaprak döneminde *Fon* spor süspansiyonundan pipetle alınan 5 ml inokulum hafifçe açılmış olan kök bölgesinin etrafındaki toprağı emdirilmesiyle inokule edilmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Karpuz bitkilerinin kök bölgelerine pipetle spor süspansiyonu verilmesi

Test edilen üçüncü yöntem olan insülin şıngası ile inokulasyon yönteminde (Boyhan vd., 2001) ise, saksıda yetiştirilmiş ve ilk gerçek yaprak dönemindeki karpuz fidelerinin *Fon* spor süspansiyonundan 0.5 cc' lik steril insülin şıngası ile alınan 50 µl spor süspansiyonu kökboğazının hemen üstünden iletim dokularına enjeksiyonu ile inokule edilmiştir (Şekil 3.2.). Üç yinelemeli olarak yapılan ve bir tekerrür için 3-6 fide kullanılan bu ön çalışmada kontrol bitkilerine saf su inokule edilmiştir.



Şekil 3.2. Karpuz bitkisinin gövdesine insülin şıngası ile spor süspansiyonu verilmesi

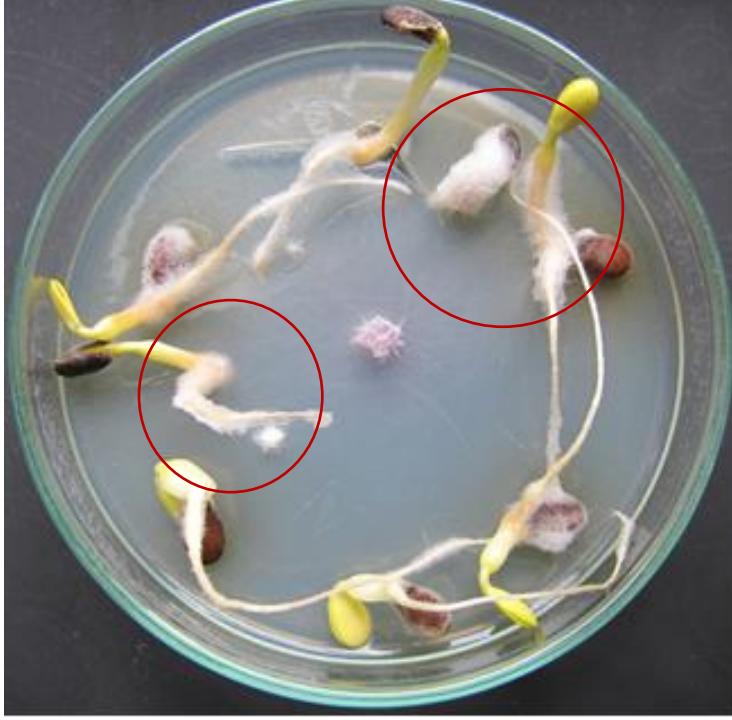
Tüm bitkiler iklim odasında 24 °C 14 saat aydınlık 10 saat karanlık olacak şekilde inkübasyona bırakılmıştır. İnokulasyondan bir ay sonra hastalık bitkilerde iletim demetlerinde oluşan nekrotik kahverengileşmelerin uzunlukları üzerinden değerlendirilmiş ve her bir yöntemden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır.

Bu ön çalışmada birçok araştırmacı tarafından en çok tercih edilen spor süspansiyonuna daldırma yönetimi dahil hiç birinde inokulasyonlar pek başarılı görülmemiştir. İçlerinde insülin şıngası ile inokulasyonun diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmekle birlikte bu inokulasyonun bitkide açtığı yaranın

oluşturacağı stresin ölçümü olumsuz etkileyebileceği düşünülmüştür. Bunun üzerine *F. oxysporum* ile ilgili çalışmaları bulunan emekli Prof. Dr. Raymond David Martyn (ABD, Purdue Üniversitesi, Botanik ve Bitki Patolojisi Bölümü) ile inokulasyon yöntemleri konusunda yaptığımız görüşmelerde *Fon* izolatlarının yapay ortamda uzun bir süre kültüre alınması sürecinde virülensliklerini yitirebileceği, bunun da spor süspansiyonuna daldırma yönteminin başarısız olmasının nedeni olabileceği öğrenilmiştir. Ayrıca bu sorunun izolatın canlı dokuda geliştirilip bu dokudan tekrar izole edilerek kullanılması ile aşılabileceğini belirtmiştir (Martyn, 2012b, kişisel görüşme). Bunun üzerine izolatlar tohumun canlı hipokotil dokusunda geliştirildikten sonra yapay ortamda kültüre alınarak buradan hazırlanan inokulum spor süspansiyonuna daldırma yöntemi ile inokule edilmiştir. Bu ön çalışmanın başarılı sonuçlar vermesi ve çoğu araştırmacıların bu yöntemi kullanmaları nedeniyle bitki inokulasyonlarında spor süspansiyonu daldırma yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

3.4.4. İnokulumun Hazırlanması

F. oxysporum izolatlarının in vitro koşullarda sürekli yapay besi ortamında kültürden kültüre aktararak yetiştirilmesi sürecinde virülensliğini kaybettiğinden (Martyn, 2012b, kişisel görüşme), virülensliğin kazanılması için tekrar canlı bitki dokusunda geliştirilmişlerdir. Bu amaçla izolatların tohum-hipokotil yöntemiyle bitki dokusu üzerinde gelişmeleri sağlanmıştır (Şekil 3.3.). Ichielevich-Auster vd. (1985)'nin kullandığı bu yöntemde izolatlar PDA ortamına aktararak 25 °C'de 2 gün inkübe edilmiştir. Gelişen miselyumun uç kısımlarını içeren 4 mm çaplı agar parçaları, içerisinde %2'lik su agarı bulunan petrilere merkezine aktararak aynı koşullarda 2 gün inkübasyona bırakılmıştır. Diğer taraftan Sugar Baby karpuz çeşidi tohumları önce %0.5'lik NaOCI'de 1-2 dakika yüzeysel dezenfekte edilip, takiben iki kez steril saf sudan geçirildikten sonra steril kurutma kağıtları üzerinde kurumaları sağlanmıştır. Sonra su agar ortamında gelişmekte olan kültürlerin misel uçlarına temas edecek şekilde her bir petriye 8 adet tohum yerleştirilmiştir. Petrilere 25 °C'de 7-8 gün inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda oluşan kök ve hipokotiller incelenerek miseliyal gelişimin olduğu kısımlardan alınan bitki parçalarından tekrar izolasyona gidilerek virülensliğini kazanmış izolatlar yeniden elde edilmiştir.



Şekil 3.3. *Fusarium* spp. izolatlarının kök ve hipokotillerdeki gelişimi

Yeniden elde edilen bu izolatlar inokulumun hazırlanması için kullanılmıştır. İzolatlar Şekil 3.4.' de de görüldüğü gibi oda sıcaklığında 12 saat ışık periyodunda 5-6 gün süreyle 128 rpm' de çalışan çalkalayıcıda Patates Dextroz Broth (PDB) besi ortamında geliştirilmiştir. Gelişen kültürler 4 katlı tülbentten süzülerek her bir kültür için mikrokonidi süspansiyonu elde edilmiştir. Mikrokonidi süspansiyonun konsantrasyonu hemositometre ile ölçülerek 10^6 mikrokonidi/ml olacak şekilde ayarlanmıştır (Zhou ve Everts, 2003; Zhou vd., 2010).



Şekil 3.4. Çalkalayıcıda sıvı ortamda gelişen *Fusarium* spp. izolatları

3.4.5. Spor Süspansiyonuna Daldırma Yöntemi ile İnokulasyon

Fusarium oxysporum f.sp. *niveum* (Fon)'un izolatlarını belirlemek için *F. oxysporum* olabileceği varsayılan 185 adet *Fusarium* spp. izolatının patojenisite testi, Latin ve Snell (1986), Martyn (1987), Burger vd. (2003)'nin kullandıkları spor süspansiyonuna daldırma yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bu testte; Fon'un tüm ırklarına duyarlı olduğu bilinen Sugar Baby karpuz çeşidinin fideleri yaklaşık iki haftalık iken yani kotiledon-ilk gerçek yaprak dönemi geldiğinde viyollerden çıkarılarak kökleri muslukta akan suyun altında yıkanarak toprağından temizlenmiştir. Takiben bitki köklerinin boyu antiseptik koşullarda makasla kesilmek suretiyle kısaltılarak inokulasyon için hazırlanmıştır.

İnokulasyon için hazırlanmış fidelerin kökleri bu süspansiyon içinde 1-2 dk ile bekletilerek inokule edilmişlerdir (Şekil 3.5.a). Süspansiyon içerisinden çıkarılan fideler içerisinde steril toprak-torf-perlit karışımı bulunan 15 cm çapındaki saksılara şaşırtılmıştır (Şekil 3.5.b).



Şekil 3.5. Spor süspansiyonuna daldırılan (a) ve saksılara şaşırtılan (b) karpuz fideleri

Bitkiler iklim odasında 24 °C de 14 saat aydınlık 10 saat karanlık koşullarda 2 gün süre ile inkübasyona bırakılmış ve takiben seraya taşınmışlardır. Sera koşulları gündüz (14 saat aydınlık, gerektiğinde ek ışıklandırma yapılarak) 30 °C 14 saat gece (10 saat karanlık) 18 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Bitkiler bu koşullardaki gelişme süreci içinde yapraklarında sararma ve solgunluklar yönünden gözlemlenmiştir. Bitkilerde hastalık gelişimi değerlendirmesi inokulasyondan yaklaşık bir ay sonra yapılmıştır. Değerlendirme bitkinin gövdesi kök boğazından itibaren dikine kesilerek ve iletim demetlerindeki kahverengileşen bölgenin boyuna uzunluğu (mm) ölçülerek yapılmıştır. Bu çalışma üç yinelemeli olarak yapılmış olup, her bir tekerrür için 3-6 fide kullanılmıştır. Kontrol bitkilerine ise steril saf su inokule edilmiştir.

İzolatların patojenisiteleri, iletim demetlerindeki nekrozların (kahverengileşme) uzunluğu baz alınarak hazırladığımız skalaya göre ölçülmüş (Çizelge 3.3.) ve elde edilen skala değerleri Tawsend-Heuberger formülü uygulanarak *F. oxysporum* izolatlarının hastalık yüzdeleri (hastalık şiddeti) hesaplanmıştır. Ölü bitkilere en üst skala değeri olan “5” değeri verilmiştir.

İletim demetlerinde kahverengileşmeye neden olmayan izolatlar değerlendirilmeye alınmamıştır.

Çizelge 3.3. Karpuz kök boğazı ve gövdesinde oluşan nekroz uzunluklarının skala değerleri

Skala Değerleri	Nekroz Uzunlukları (kahverengileşmenin boyuna uzunluğu)
0	Kahverengileşme yok
1	1- 15 mm
2	16-30 mm
3	31-45 mm
4	46-60 mm
5	≥ 60 mm yada bitki tamamen solmuş (ölmüş)

3.5. *Fusarium oxysporum* İzolatlarının Tanılanması

Patojenisite testi sonucu karpuz bitkilerinde hastalık yapan izolatlarda, patojenin *Fusarium oxysporum* tanısı Leslie ve Summerell (2006)' in belirttiği yõteme göre Carnation Leaf Agar (CLA) ortamında gelişen etmenin morfolojik yapıları incelenerek belirlenmiştir. Bunun için karanfil bitkisinden toplanan yapraklar 3-5 mm² parçalar şeklinde kesilmiş ve cam kavanozlar içinde otoklavda steril edilmiştir. Herbirine 10-15 adet karanfil yaprağı parçası konmuş 8 cm çapındaki steril petrilere %2 oranında hazırlanmış su agarı dökülmüştür. Agar sertleştikten sonra patojenisite testi sonucu seçilen 75 *Fusarium* spp. izolatının ekimleri yapılmış ve 25 °C'de 4 hafta inkubasyona bırakılmıştır. Daha sonra bu izolatlar mikroskopta 40x objektif altında makrokonidi, mikrokonidi, klamidospor, konidiofor ve fialid özellikleri dikkate alınarak incelenmiş ve izolatların 73 adeti *Fusarium oxysporum* olarak tanılanmıştır. *F. oxysporum* tanısı kısa monofialidler üzerinde oval ya da böbrek şeklinde mikrokonidiler (Ebböle ve Sachs, 1990), ayrıca 3-5 hücreli kıvrık, kano şeklinde makrokonidi varlığı ile hifin uç kısmında yada ortasında klamidospor oluşumuna (Schippers ve Van Eck, 1981; Leslie ve Summerell, 2006) dayanarak yapılmıştır.

3.6. İzolatların Bazı Kabakgillerde Patojenisitelerinin Belirlenmesi

Fusarium oxysporum forma speciales'leri konukçuya özelleşmiş olup, enfekte ettikleri konukçu türlerine göre adlandırılmakla birlikte bazı forma speciales'lerin sera ve laboratuvar koşullarında diğerkabakgilleri de enfekte ettiği yani çapraz enfeksiyonların oluşabileceği bildirilmektedir (Martyn ve McLaughlin, 1983; McMillan, 1986; Gerlagh ve Blok, 1988; Egel ve Martyn, 2007; Zhou ve Everts, 2007). Bu nedenle patojenisite testleri sonuçlarına ve takiben CLA'da geliştirilen izolatların mikroskopik özelliklerine dayanarak *Fon* olduğu belirlenen 73 adet izolatın diğerkabakgiller olan hıyar (*Cucumis sativus* L.), kavun (*Cucumis melo* L.) ve kabak (*Cucurbita pepo* L.) bitkilerinde de patojen olup olmadığı testlenmiştir. Böylece karpuzu hastalandıran izolatlarımız arasında diğerkabakgilleri hastalandıran forma specialis'lerin olup olmadığı ortaya konmuştur.

İzolatların diğerkabakgillerde ve kontrol olarak Sugar Baby karpuz çeşidinde patojenisitelerinin belirlenmesinde yine spor süspansiyonuna daldırma yöntemi bölüm 3.4.5.'de belirtildiği gibi kullanılmıştır. İnokulasyonun ardından bitkiler gelişme süreci içinde yapraklarında sararma ve solgunluklar yönünden

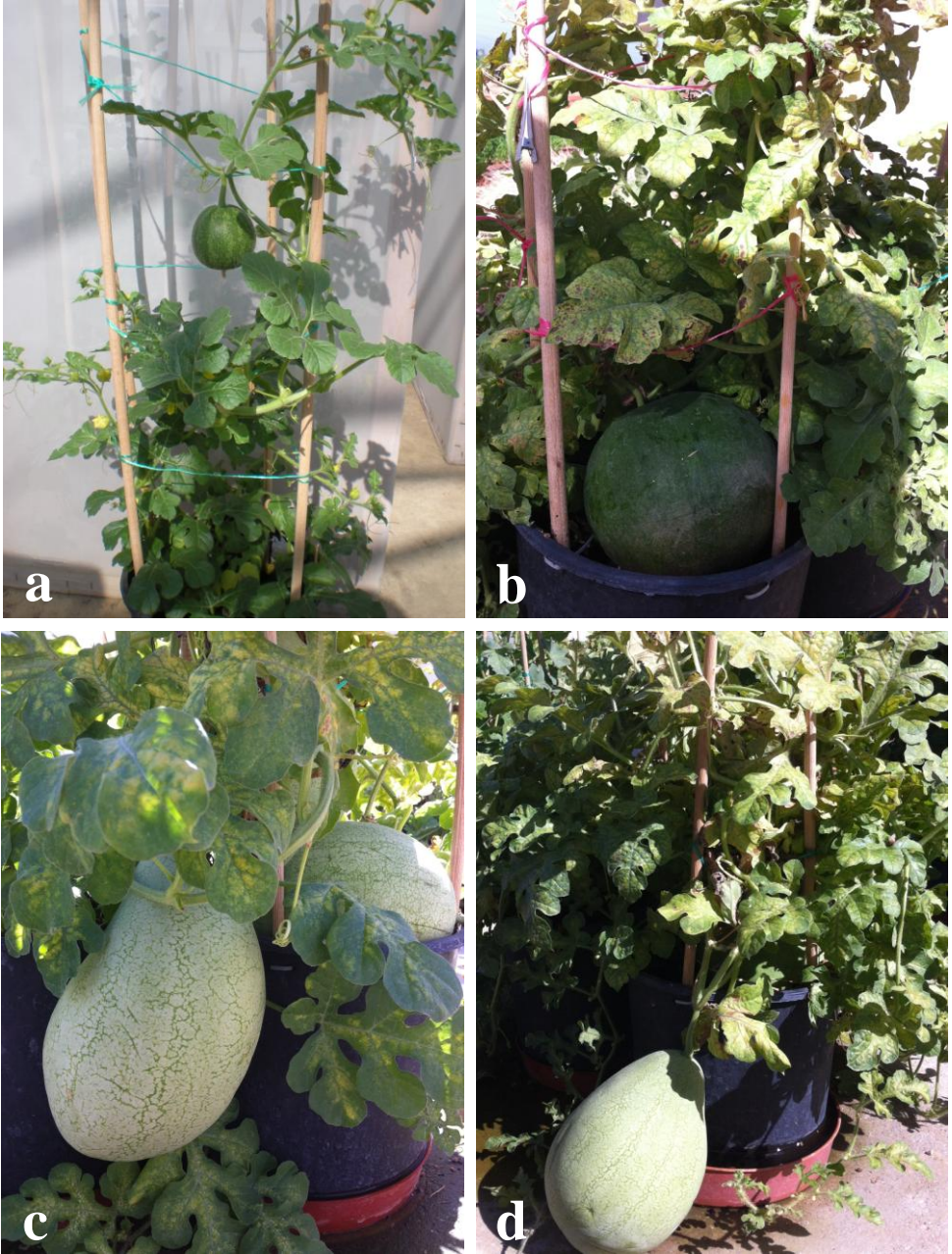
gözlemlenmiştir. Ayrıca inokulasyondan yaklaşık bir ay sonra bitkinin kök ve kök boğazında nekrotik lezyonların varlığı, iletim demetlerindeki kahverengileşmelerin oluşup oluşmadığı belirlenmiştir.

3.7. *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* 'un Irklarının Belirlenmesi

Fon 'un fizyolojik ırkları, ayırt edici karpuz çeşitleri kullanılarak belirlenmiştir. Ayırıcı karpuz çeşitler olarak bildirilen Sugar Baby, Charleston Gray, Calhoun Gray ve PI- 296341- FR karpuz çeşitlerinin (Zhou vd., 2010) tohumları Ziraat Mühendisi Veysel Aras'dan (Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Erdemli/Mersin) temin edilmiştir. Bu karpuz çeşitlerinin tohumlarının çoğaltılması izole edilmiş alanlarda tarla (Şekil 3.6.) ve sera koşullarında (Şekil 3.7.) yetiştirilen bitkilerde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Tarla koşullarında karpuz çeşitlerinden tohum elde etmek amacıyla hazırlanmış alanlar



Şekil 3.7. Sera koşullarında yetiştirilen PI- 296341- FR (a), Sugar Baby (b), Charleston Gray (c) ve Calhoun Gray (d) karpuz çeşitleri

Ayırıcı karpuz bitkilerin inokulasyonunda spor süspansiyonuna daldırma yöntemi kullanılmıştır. Prof. Dr. Kathryne Everts'den temin edilen referans izolatlar da karşılaştırma yapmak amacıyla test bitkilerine inokule edilmiştir. Irk belirleme çalışmaları 3 tekerrürlü yapılmış ve her bir tekerrürde 3 fide kullanılmıştır. Kontrol bitkilerine steril saf su aynı yöntemle inokule edilmiştir. İnokulasyon sonrası tüm bitkiler bölüm 3.4.5.' de spor süspansiyonuna daldırma yöntemi ile inokulasyonda belirtilen koşullarda gelişmeye alınmışlardır.

Bitkiler bu süreç içinde yapraklarında sararma ve solgunluklar yönünden gözlemlenmiştir. Hastalık değerlendirmesi inokulasyonun 4. haftasında sararmış, solgun veya ölü bitkiler baz alınarak yapılmıştır. Her bir çeşitte toplam bitkilerin %33'ü ve fazlasında hastalık belirtileri saptanmış ise reaksiyon duyarlı (S), aksi taktirde dayanıklı olarak (R) değerlendirilerek Çizelge 3.4.' de verilen skalaya uygun olarak ırklar belirlenmiştir (Zhou vd., 2010).

Çizelge 3.4. *Fon* izolatlarının ırklarını belirlemede kullanılan ayırıcı çeşitler ve reaksiyonları

Ayırıcı Karpuz Çeşidi	İrk 0	İrk 1	İrk 2	İrk 3
Sugar Baby	S	S	S	S
Charleston Gray	R	S	S	S
CalhounGray	R	R	S	S
PI- 296341- FR	R	R	R	S

S: Duyarlı R: Dayanıklı

Tüm izolatların ırklarının belirlenmesinin yanı sıra Aydın ilinde üretimi yapılan karpuz çeşitlerinin belirlenecek fizyolojik ırklara karşı reaksiyonlarını ölçmek amacıyla kullanılacak virülensi en yüksek ve en düşük izolatları saptamak için izolatların virülenslikleri de değerlendirilmiştir. Bunun için her bir izolatın hastalandırdığı bitkilerde iletim demetlerinde oluşan kahverengileşmelerin uzunlukları (mm) ölçülmüştür. Bu verilerin Çizelge 3.3.'e göre elde edilen skala değerleri Tawsend-Heuberger formülü uygulanarak her bir izolatın ayırıcı karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık yüzdeleri hesaplanmıştır.

3.8. *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* İzolatlarının Vejetatif Uyum Gruplarının (VCG) Belirlenmesi

3.8.1. *Nit* Mutantların Elde Edilmesi

Nit mutantların oluşturulması ve seçilmesinde %1.5 KClO₃ içeren Minimal Ortam (MM) kullanılmıştır. Minimal ortam 1 lt saf suya 30 g Sukroz, 2 g NaNO₃, 1 g KH₂PO₄, 0.5 g MgSO₄. H₂O, 0.5 g KCl, 0.2 ml iz element solüsyonu ve 20 g Difco agar ilave edilerek hazırlanmıştır. İz element solüsyonu ise 95 ml saf su için 5 g sitrik asit, 5 g ZnSO₄. 7H₂O, 4.75 g FeSO₄, 1g Fe(NH₄)₂ (SO₄)₂. 6H₂O, 250 mg CuSO₄, 50 mg MnSO₄. H₂O, 50 mg H₃BO₃, 50 mg Na₂MoO₄. 2H₂O içermektedir (Puhalla, 1985).

Önceden PDA besi ortamında geliştirilmiş tek spor kültürlerden alınan 2 mm² lik miselyal parçacıklar, içine %1.5 KClO₃ ilave edilmiş MM bulunan petri kaplarına aktarılmıştır (Puhalla, 1985; Correll vd., 1987). Her izolat bir petride 2 noktaya inokule edilmiş ve çalışma 5 yinelemeli olarak yapılmıştır. 25 °C’de karanlıkta 7-15 günlük inkübasyon sürecinde yavaş gelişme gösteren koloniler içinde hızlı gelişen, klorata dayanıklı miselyal alanlar belirlenmiştir. Hızlı gelişen bu alanlardan küçük parçalar kesilerek kloratsız MM içeren petrilere aktarılmış, gelişen koloniler incelenerek ince ve havai miselyum içermeyen koloniler *nit* mutantlar olarak ayrılmıştır (Correll vd., 1987).

3.8.2. *Nit* Mutantların Fenotiplerinin Belirlenmesi

Elde edilen herbir *nit* mutanı, üç farklı besi ortamına aktararak buradaki gelişimleri gözlemlenmiş ve üç farklı fenotipe ayrılmıştır. Her bir *nit* mutantından alınan küçük miselyal parçacıklar, 1) Nitrat ortamı (MM), 2) Nitrit ortamı (0.5 g/lt NaNO₂ içeren MM) ve 3) Hypoxanthine ortamı (0.2 g/lt hypoxanthine içeren MM)’ na aktarılmıştır. 4 günlük inkübasyondan sonra koloni morfolojilerine bakılarak fizyolojik fenotipler *nit1*, *nit3*, NitM olarak ayrılmıştır (Çizelge 3. 5.). NaNO₂ içeren ortamda iyi (havai misel oluşumu) gelişip Hypoxathine’ li ortamda ince gelişen koloniler NitM, NaNO₂ içeren ortamda ince gelişip Hypoxathine’li ortamda iyi gelişen koloniler *nit3*, her iki ortamda da iyi gelişen koloniler *nit1* olarak belirlenmiştir (Correll vd., 1987).

Çizelge 3.5. Farklı azot kaynaklarındaki gelişme durumlarına göre *nit* mutantların fenotipleri

<i>nit</i> mutant tipi	Farklı azot kaynaklarında <i>Fon</i> 'ların gelişimi		
	Nitrat ortamı (MM)	Nitrit ortamı (MM+NaNO ₂)	Hypoxathine ortamı (MM+ Hypoxathine)
NitM	-	+	-
<i>nit3</i>	-	-	+
<i>nit1</i>	-	+	+

(+): havai misel gelişimi

(-): ince misel gelişimi

3.8.3. Vejetatif Uyum Gruplarının (VCG) Saptanması

Çalışma kapsamında elde edilen *Fon* izolatlarının VCG gruplarını saptamadan önce izolatların farklı fenotiplerdeki *nit* mutantları kendi aralarında self kompatibilite (kendine uyumluluk) yönünden eşleştirilmiştir. Eşleştirme testinde iki tamamlayıcı *nit* mutantın yani *nit1/ nit3*, *nit1/ NitM* ya da *nit3 /NitM* kolonilerinin minimal ortam üzerinde karşılaştıkları yerde yoğun bir havai miselyum hattı oluşturması heterokaryon oluşumunu göstermektedir. Bu durumda kendi içinde uyumlu bulunan izolatlar daha sonra vejetatif uyum gruplarını saptamak üzere VCG'leri belirlenmiş referans *Fon* izolatları ile eşleştirilmiştir. Correll vd. (1987)' nin yöntemine göre yapılan eşleştirmelerde bölüm 3.4.1.'de Prof. Dr. Kathyne Everts' den sağlandığı belirtilen vejetatif uyum grubu belli olan (VCG 0080 ve VCG 0082) referans *Fon* izolatları kullanılmıştır (Çizelge 3.2.). Diğer VCG grupları olan VCG 0081 ve VCG 0083 ait referans *Fon* izolatlarını sağlamak üzere 2012 yılından bu yana farklı zamanlarda konu ile ilgili çalışmaları bulunan Prof. Dr. Kathyne Everts'e, Prof. Dr. Xin-Gen Zhou (ABD, Teksas A&M Üniversitesi, Bitki Patolojisi ve Mikrobiyolojisi Bölümü)'ya defalarca elektronik posta yoluyla ulaşılmaya çalışılmış fakat cevap alınamamıştır. Ülkemizde ise Yrd. Doç. Dr. Fatih M. Tok (Mustafa Kemal Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü) ile yapılan sözlü görüşmede bu referans izolatların bulunmadığı öğrenilmiştir. Ayrıca internet ortamında The United Kingdom National Culture Collection (UKNCC), CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, World Federation for Culture Collections (WFCC) da bu VCG gruplarına ait izolatlara rastlanmamıştır. Bu nedenlerle VCG 0081 ve VCG 0083' ü temsil eden *Fon*

izolatları tüm uğraşlara rağmen elde edilemediğinden izolatlarımızla eşleştirememiştir.

Yapılan testlerde referans izolatlardan elde edilen NitM fenotipleri, *Fon* izolatlarından elde edilen *nit1* veya *nit3* fenotipleri ile ayrı ayrı eşleştirilmiştir. Eşleştirilecek iki nit mutanta ait 2 mm² büyüklüğündeki koloni parçaları içinde MM bulunan petri kaplarının tam ortasına yaklaşık 1 cm aralıkla yerleştirilmiş ve 25 °C de, karanlıkta 7-14 gün inkübasyona bırakılmıştır. Gelişen kolonilerin karşılaştığı yerde oluşan çizgi şeklinde yoğun havai miselyum gelişimi iki farklı izolatın nit mutantlarının heterokaryon oluşturduğunu göstermektedir (Puhalla, 1985). Bu durumda iki izolatın mutantlarının vejetatif olarak uyumlu buldukları ve dolayısı ile aynı VCG grubuna ait oldukları kaydedilmiştir.

3.9. Karpuz Çeşitlerinin *Fon*'a Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında günümüzde Aydın ve ilçelerinde yaygın olarak üretimi yapılan Crimson Sweet, Crimson Tide, Galaxy, Wonder ve Anthem F1 karpuz çeşitlerinin *Fon* ırklarına karşı reaksiyonları ölçülmüştür. İnokulum olarak *Fon* ırklarının belirlenmesi çalışması sonuçlarına göre saptanan her bir ırka ait en yüksek ve en düşük saldırganlığa sahip izolatlar kullanılmıştır (Çizelge 3.6.). İnokulasyonlar daha önce izolatların patojenisitelerinin belirlenmesi çalışmasında olduğu gibi spor süspansiyonuna daldırma yöntemine göre yapılmıştır.

Çizelge 3.6. Irk 0, Irk 1, Irk 2' ye ait olan *Fon* izolatları arasından seçilen virülensliği en düşük ve en yüksek izolatlar

	Irk 0	Irk 1	Irk 2
Virülensliği en düşük izolat	KO-1	KO-17	CN-5
Virülensliği en yüksek izolat	SO-25	SH-12	SO-12

Ayrıca bu denemede referans izolatlarda karşılaştırma yapmak amacıyla denemeye alınmışlardır. Çalışma 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve her bir tekerrürde 3 fide kullanılmıştır. Kontrol bitkilerine steril saf su inokule edilmiş ve takiben tüm bitkiler bölüm 3.4.5.' de belirtilen koşullarda gelişmeye alınmışlardır. Bitkiler bu süreç içinde yapraklarında sararma ve solgunluklar yönünden gözlemlenmiştir.

Hastalık şiddeti değerlendirilmesi inokulasyondan yaklaşık bir ay sonra bölüm 3.4.5.'de belirtildiği şekilde iletim demetlerinde kahverengileşen bölgenin uzunluğu (mm) ölçülerek yapılmıştır. Bu ölçümlerin Çizelge 3.3.'de verilen değerlere göre skala değerleri bulunmuş ve Tawsend-Heuberger formülü uygulanarak her bir izolatin karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık yüzdeleri hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin varyans analizleri yapılmış ve önemli çıkan varyasyon kaynağına ait veriler Duncan' a göre gruplandırılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

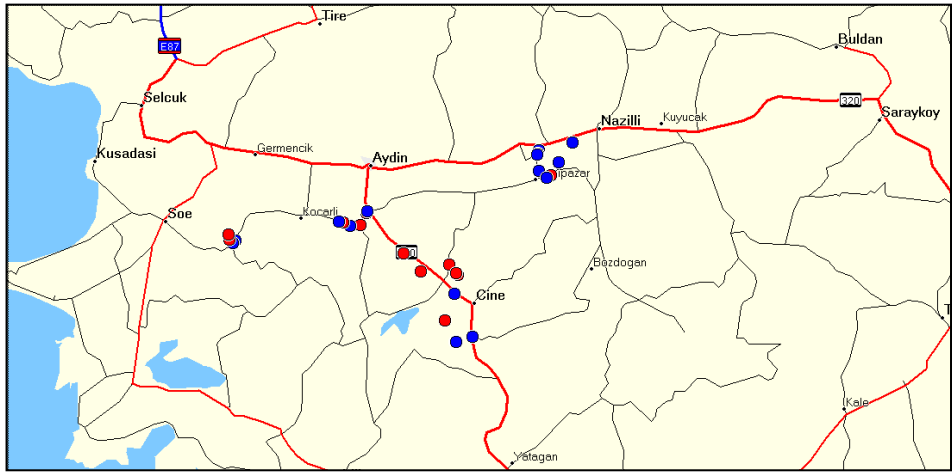
4.1. Aydın İli Karpuz Üretim Alanlarında Solgunluk ve Kurumaların Yaygınlığı

Aydın ilinin karpuz üretim alanlarındaki solgunluk ve kurumaların yaygınlığının ve yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla 2010 yılında Temmuz- Ağustos aylarında 29 karpuz üretim alanında (yaklaşık 425 da) (Şekil 4.1.), 2011 yılında ise Haziran-Eylül aylarında 103 karpuz üretim alanında (yaklaşık 1026 da) (Şekil 4.2.) incelemeler yapılmıştır. İki yılda il genelinde on ilçede (Merkez, Çine, Koçarlı, Bozdoğan, Söke, Sultanhisar, Yenipazar, Nazilli, İncirliova ve Köşk) incelenen toplam 132 tarladan 80 (%60.6)'inde solgunluk ve kuruma belirtisi gösteren karpuz bitkileri saptanmıştır (Çizelge 4.1.). Bu belirtileri gösteren karpuz bitkilerinin bulunduğu ilçelerde hastalık yaygınlığı %45 ile %100 arasında değişmiştir. İncelenen ilçeler arasında solgunluk ve kuruma en yaygın olarak Koçarlı ilçesinde saptanmıştır. Aydın'da karpuz üretiminde önde gelen ilçelerden biri olan bu ilçede incelenen 29 tarladan %68.9'unda hastalığın bulunduğu gözlemlenmiştir. Bozdoğan ilçesi ise belirlenen %66.6'lık hastalık yaygınlığı ile ikinci ilçe olarak belirlenmiştir. Karpuz üretiminin en fazla yapıldığı ilçe olan Çine'de sörveye alınan 26 tarlada solgunluk ile kuruma yaygınlığı %61.5 bulunmuştur. Karpuz üretiminin yoğun olarak yapıldığı Söke ilçesinde de incelenen 23 tarladan 14 (%60.8)'ünde kuruma ve solgunluklara rastlanmıştır. Erken dönemde aşılı fide kullanılarak örtü altı karpuz yetiştiriciliğinin yapıldığı Sultanhisar ilçesinde ise solgunluk ve kuruma yaygınlığı %60 düzeyinde belirlenmiştir. Hastalığın görüldüğü ilçeler arasında Merkez (Efeler) ve Yenipazar ilçeleri sırası ile %50 ve %45'lik hastalık yaygınlık değerleri ile en düşük ilçeler olarak bulunmuşlardır. TÜİK verilerine göre (Çizelge 1.4. ve Çizelge 3.1.) karpuz üretiminin yüksek olduğu olduğu belirtilen Nazilli, İncirliova, Köşk'de yapılan sörveyelerde Nazilli ve İncirliova'da sadece birer tarlada karpuz üretiminin yapıldığı ve bu tarlalarda hastalığın var olduğu saptanmıştır. Köşk ilçesinde de karpuz yetiştiriciliğine sadece bir tarlada rastlanmış, ancak hastalık belirtileri gözlenmemiştir. Karpuzlu, Buharkent, Didim, Germencik, Karacasu, Kuşadası, Kuyucak ilçelerinde ise herhangi bir üretim olmadığı için bu ilçede örnekleme ve değerlendirme yapılamamıştır. Karaca ve Qureshi (1979) tarafından Ege Bölgesi'nde yürütülen bir projede Merkez, Kuşadası, Çine ve Bozdoğan ilçelerini kapsayan incelemelerde gezilen 15 tarladan 8' inde (%53.3) karpuzlarda Fusarium solgunluğunun bulunduğu belirlenmiştir. Daha sonra yine aynı bölgede yapılan bir

başka çalışmada da (Filiz ve Turhan, 1991) Aydın'da karpuz solgunluğuna rastlandığı belirtilmekle birlikte, yaygınlık ve yoğunluğu bildirilmemiştir.

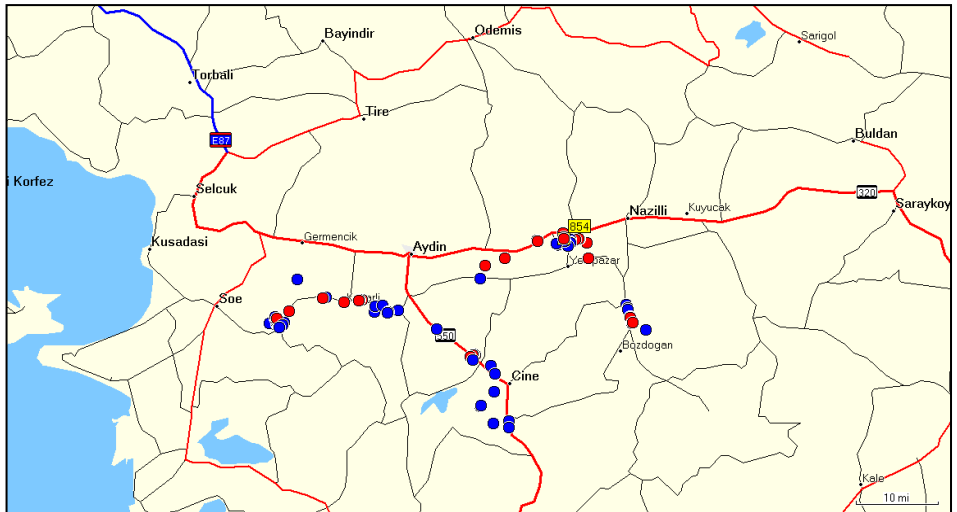
Ülkemizde karpuz üretimi yapılan diğer bölgeleri içeren araştırmalarda Yücel vd., (1999) Çukurova'da karpuzda Fusarium solgunluğu hastalığının yaygınlık oranının Adana'da %56.6, İçel'de ise %66.6 olduğunu bulmuşlardır.

Yine Adana ve İçel illerini de içine alan Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'yu kapsayan başka bir çalışmada ise Kurt vd. (2005, 2008) karpuzda Fusarium solgunluk hastalığı yaygınlığının %27.3-63.6 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Hastalık yaygınlığının 2004 yılında en fazla Adana ilinde %51.5 oranında bulunduğunu, bunu Adıyaman (%46.2) ve İçel illerinin (%42.1) takip ettiğini, Diyarbakır' da ise hastalık yaygınlığının en düşük olduğunu (%27.3) bildirmişlerdir. 2005 yılında ise hastalık yaygınlığının en fazla Şanlıurfa ilinde %63.6 oranında, ikinci olarak Adana ilinde %61.9 oranında bulunduğunu, bunu %50.0 oranı ile Adıyaman ve Diyarbakır illeri izlerken, hastalık yaygınlığı en düşük %33.3 oranında Batman'da saptamışlardır (Kurt vd., 2008).



● Hastalık var ● Hastalık yok

Şekil 4.1. 2010 yılında Aydın ilinde yapılan sörveylerde incelenen karpuz tarlalarının coğrafik konumları ve bu tarlaların karpuz kuruma ve solgunluğu hastalıkları yönünden durumu



● Hastalık var ● Hastalık yok

Şekil 4.2. 2011 yılında Aydın ilinde yapılan sörveylerde incelenen karpuz tarlalarının coğrafik konumları ve bu tarlaların karpuz kuruma ve solgunluğu hastalıkları yönünden durumu

Çizelge 4.1. 2010- 2011 yıllarında Aydın ili karpuz ekim alanlarında yapılan sörveylerde saptanan karpuz kurumalarının yaygınlığı

İlçeler	İncelenen toplam tarla sayısı	İncelenen alan (da)	Hastalıklı tarla sayısı	Hastaliksız tarla sayısı	Hastalık yaygınlığı (%)
Koçarlı	29	483	20	9	68.9
Bozdoğan	12	185	8	4	66.6
Çine	26	160	16	10	61.5
Söke	23	236	14	9	60.8
Sultanhisar	15	124	9	6	60.0
Merkez	4	104	2	2	50.0
Yenipazar	20	124	9	11	45.0
Nazilli	1	10	1	-	100.0
İncirliova	1	5	1	-	100.0
Köşk	1	20	-	1	0.0
Toplam	132	1451	80	52	-

Hastalıklı doku örnekleri almak amacıyla sökülen bitkilerin toprak altı kısımlarından alınan kesitlerde *Fusarium solgunluğunun* tipik belirtisi olan iletim demetlerinde kahverengileşme gösteren bitkiler çoğunlukla gözlemlenmiştir. Ancak kök ile kök boğazı kısımlarında diğer toprak kökenli patojenlerin de neden olabildiği kuru ve yumuşak çürüklük belirtilerini gösteren bitkilerin varlığına da rastlanmıştır. Bu nedenle tarla incelemeleri sırasında saptanan solgunluk ve kurumalar doğrudan *Fusarium solgunluğu* ile ilişkilendirilmemiştir.

4.2. İzolatların Elde Edildiği Karpuzlarda Hastalık Belirtileri

Karpuz üretim alanlarında hastalık genel görünüm olarak solgunluk ve/veya kuruma olarak dikkati çekmektedir (Şekil 4.3.). Bitkinin tüm gelişim dönemlerinde karşılaştığımız karpuz *Fusarium solgunluğunun* ilk belirtilerinin başlangıcı bitkinin kol atmaya başladığı dönem olup solgunluk bir kolda başlamakta ve bu kısımdaki yapraklarda soluk, gri-yeşil renk oluşumu görülmektedir (Şekil 4.4.a). Zamanla bu hastalık belirtilerini, genellikle kökboğazına yakın yaşlı yapraklarda başlayan ve uçlara doğru ilerleyen yaprak

sararmaları takip etmektedir. Daha sonra da bu yapraklar hızla suyunu kaybederek, solar ve kururlar. Bu solma veya kuruma belirtisi bitkinin bir kısmında görüldüğü gibi bitkinin bütününde de ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.4.b).



Şekil 4.3. Kuruma ve solgunluk yoğunluğunun yüksek olduğu bir karpuz tarlası



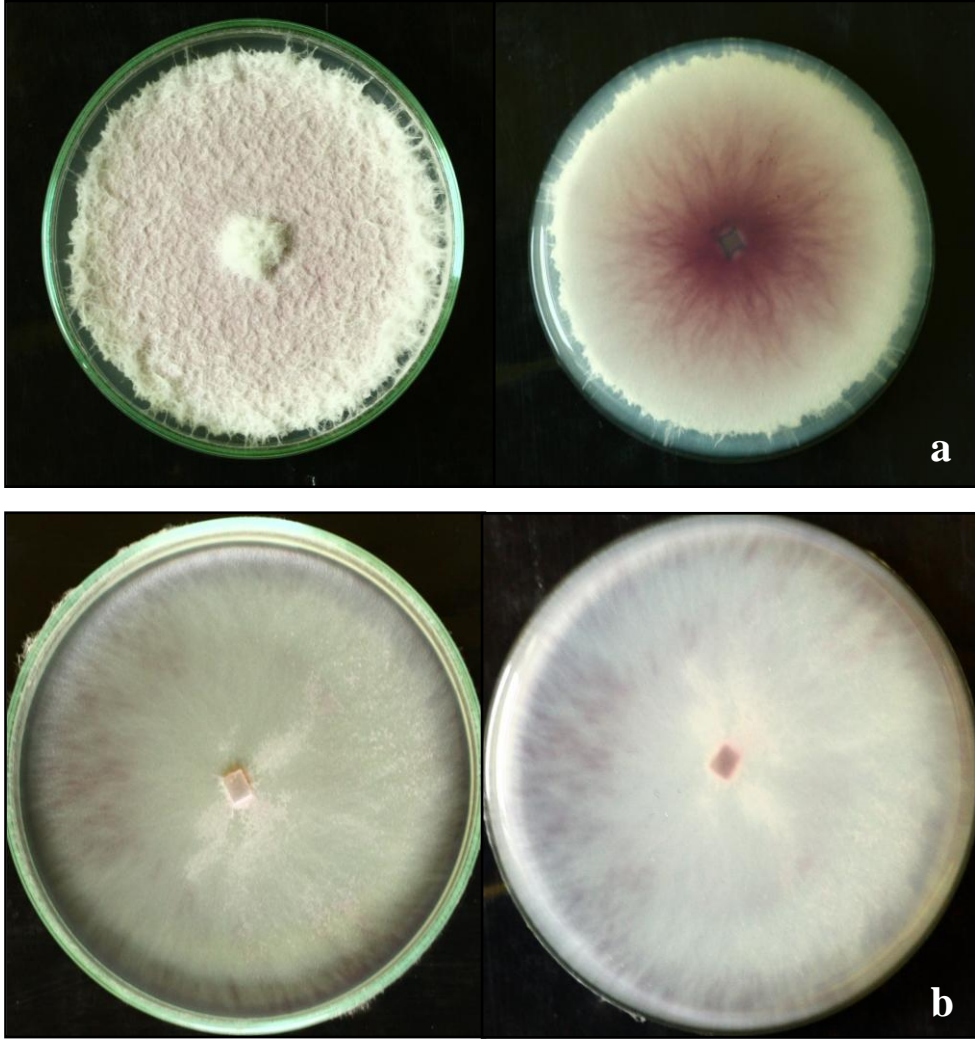
Şekil 4.4. İzolatların elde edildiği bitkilerin tek bir tarafında (a) ya da tamamında (b) görülen hastalık belirtileri

Konukçu bitkinin duyarlı olduğu düşünölen tarlalarda bitkilerin öldüğü görölürken, hastalıktan etkilenen ancak ölmeyen bitkilerin ise küçük kaldığı gözlemlenmiştir. Bitkilerin toprak üstü yeşil aksamında izlenen bu hastalık belirtileri Bruton vd. (1998) ile Martyn (1996)'in belirttikleri virölent izolatların oluşturduğu karpuzda *Fusarium solgunluğu* hastalığı tanımına uymaktadır. Ayrıca solgun bitkilerde kök boğazı ve gövde uzunlamasına kesildiğinde iletim demetlerinde renk değişimini yani kahverengileşmeleri görmek mümkündür. Nitekim Egel ve Martyn (2007) iletim demetlerinde ortaya çıkan bu kahverengileşmenin *Fusarium solgunluğu*'nun en güvenilir ve doğru tanı belirtisi olduğunu belirtmişlerdir. *Fusarium solgunluğu* belirtileri çevresel faktörlere, patojen popülasyonunun saldırganlığı ve yoğunluğuna, konukçu bitkinin yaşına özellikle de meyve olum dönemine bağılı olarak Martyn vd. (1991)'de belirttiği gibi daha sıklıkla görölmektedir. Bitkilerin erken gelişme dönemlerinde çökerten şeklinde belirtiler gösterebilen bu hastalık bundan sonraki gelişme sürecinde de ortaya çıkabilmektedir.

4.3. *Fusarium* spp. İzolatlarının Koloni Özellikleri ve Tanı

2010-2011 yıllarında kuruma ve solgunluk belirtisi gösteren 470 adet karpuz bitkisinin kök ve kökboğazından alınan örneklerden PDA üzerinde yapılan izolasyonların 3 ile 4'üncü günlerinde ortam üzerinde farklı görünüme sahip miselyal koloniler oluşmaya başlamıştır. Bunlar arasından *Fusarium* spp.'ye özgü kültürel özelliklere sahip olan 230 adet koloni, içerisinde PDA bulunan yeni petrilere aktarılarak saf koloniler elde edilmiştir. Yapılan tanıya göre diğere kolonilerin toprak kökenli patojenler olan, *Rhizoctonia* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium rolfsii* ve *Pythium* spp. fungus türlerine ait olduğu belirlenmiştir. *Fusarium* spp. olarak saflaştırılan izolatların kolonileri Leslie ve Summerell' in (2006) tanımladığı *F. oxysporum*'un kültürel özellikleri ile benzer bulunmuştur. Bu koloniler genellikle yuvarlak ve homojen bir gelişim göstererek zamanla tüm besi ortamını kaplamaktadır. Koloni rengi başlangıçta beyaz daha sonra açık/koyu pembeden açık mora kadar değişmektedir. Bazı kolonilerde beyaz/pembe havai miseller oluşurken (Şekil 4.5.a) diğerelerinde havai misel oluşumu yok denecek kadar az gözlemlenmiştir (Şekil 4.5.b).

Kolonilerin kültürel özelliklerine göre seçilen izolatların mikrokonidi ve/veya makrokonidilerinin varlığı ve morfolojik özellikleri mikroskopik olarak incelenerek, oval veya böbrek şeklinde mikrokonidi ve/veya kıvrık, kano şeklinde makrokonidilere sahip 185 izolatın *Fusarium oxysporum* olabileceği varsayımı ile patojenisitelerinin testlenmesine karar verilmiştir.



Şekil 4.5. PDA besi ortamı üzerinde *Fusarium spp.* kolonileri. Havai miselyum oluşan koloni (a) Havai miselyum oluşmayan koloni (b)

4.4. *Fusarium* spp. İzolatların Patojenisiteleri

F. oxysporum olabileceği varsayılan 185 adet izolatin Sugar Baby karpuz çeşidine ait fideler üzerinde yapılan patojenisite testleri sonucunda fidelerin yeşil aksamı ile kök ve kök boğazında oluşturduğu belirtilere dayanarak 75 izolat patojen olarak saptanmışlardır (Şekil 4.6). Patojenik reaksiyon veren izolatların uygulandığı bitkilerde inokulasyonun beşinci gününden itibaren önce kotiledon yapraklarında daha sonra gerçek yapraklarında sararma ve solgunluk belirtileri gözlemlenmiştir. Birkaç gün içerisinde bu belirtileri gösteren bitkilerin bazıları hızla solarak ölmüşlerdir (Şekil 4.7). Ölmeyen bitkilerde ise zamanla yeni yaprak oluşumu durmuş bu bitkiler kontrole oranla daha kısa kalmışlardır. Ayrıca bu bitkilerin kök ve kök boğazında koyu renkli lezyon oluşumunun yanısıra gövdede iletim demetleri boyunca kahverengileşmeler gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.). Kontrol bitkilerinde ve bu test sonucu patojen olmadığı belirlenen 110 izolatin inokule edildiği bitkilerde herhangi bir hastalık belirtisi saptanmamıştır.



Şekil 4.6. Patojenisite testi uygulanmış Sugar Baby karpuz fideleri



Şekil 4.7. Patojenisite testinde SO-10 (a) ve SO-26 (b) izolatlarının fidelerin yeşil aksamında oluşturduğu solgunluk ve kurumalar

Patojenisite testinde patojen izolatların oluşturduğu hastalığın şiddetlerini belirlemek üzere fidelerin gövdeleri boyunca alınan kesitlerinde iletim demetlerinde oluşan kahverengi hattın uzunlukları ölçülmüştür (Şekil 4.8). Bu uzunlukların 0-5 skalasına göre elde edilen değerlerinin Tawsend Heuberger formülüne göre hesaplanan hastalık yüzdeleri (hastalık şiddeti) Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.8. CN-6 (a) ve ME-6 (b) izolatlarının iletim demetlerinde oluşturduğu kahverengileşme

Patojenisite testi sonucu patojen olduğu saptanan 75 adet izolatin meydana getirdikleri hastalığın ortalama hastalık şiddeti değerleri %13 ile %100 arasında değişmiştir. Bu izolatlardan 10 adeti %100 hastalık şiddetine neden olarak oldukça saldırgan bulunmuşlardır. Koçarlı ilçesinden elde edilmiş 21 izolattan 19'unun oluşturduğu hastalığın şiddeti %15 ile %47 arasında değişmiş, kalan iki izolattan biri %91 diğeri %100 hastalık şiddeti meydana getirmiştir. Çine ilçesinden elde edilmiş 17 izolattan 7'si %69' un üzerinde hastalık şiddeti oluştururken bunlardan üçü %100 hastalık şiddeti ile oldukça saldırgan bulunmuşlardır. Çine ilçesinde kalan 10 izolatin hastalık şiddeti değerleri %13 ile %29 arasında değişmiştir. Söke ilçesinde patojen bulunan 14 izolattan üçü, neden olduğu %100 hastalık şiddeti ile oldukça saldırgan bulunurken geri kalan 11 izolat %15 ile %75 arasında değişen hastalık şiddeti meydana getirmişlerdir. Bozdoğan ilçesinden elde edilen patojen 8 izolattan 7'sinin hastalık şiddeti %18 ile %38 arasında değişmiş olup sadece bir izolat diğerlerinden oldukça farklı olarak %100 hastalık şiddeti ile oldukça saldırgan bulunmuştur. Merkez (Efeler) ilçesinden toplanan 6 izolatin ise meydana getirdikleri hastalık şiddeti %17 ile %67 arasında değişmiştir. Yenipazar ilçesinde patojen bulunan 4 izolattan biri %100 hastalık şiddeti ile saldırgan bulunurken kalan izolatlar %22 ile %62 arasında değişen hastalık şiddetlerine neden olmuşlardır. Sultanhisar'da ise sadece üç izolat patojen saptanmış ve bunlardan biri %100 oranında hastalık şiddeti meydana getirerek oldukça saldırgan bulunmuştur. Diğer iki izolatin saldırganlıkları ise %15 ve %18 hastalık şiddeti değerleri ile oldukça düşük bulunmuştur. Sadece birer izolatin patojen bulunduğu İncirliova ve Nazilli' de ise izolatların hastalık şiddeti değerleri sırasıyla %84 ve %24 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.2. Aydın'ın farklı ilçelerinden elde edilen izolatların oluşturduğu hastalığın % değerleri

İlçeler ve izolat sayısı	İzolat Nosu	Hastalık Yüzdesi (%)
Koçarlı (21)	KO-1	22
	KO-2	22
	KO-4	100
	KO-5	22
	KO-6	29
	KO-8	15
	KO-9	47
	KO-10	91
	KO-12	20
	KO-17	42
	KO-18	24
	KO-19	38
	KO-20	33
	KO-25	15
	KO-27	20
	KO-28	38
	KO-32	20
	KO-34	42
	KO-36	20
	KO-38	24
	KO-42	33
Çine (17)	CN-1	22
	CN-2	22
	CN-4	18
	CN-5	15
	CN-6	69
	CN-11	100
	CN-13	82
	CN-16*	22
	CN-20	87
	CN-22	100
	CN-24	80
	CN-25	100
	CN-28	13
	CN-30	20
	CN-32	29
	CN-33	20
	CN-34	29

* CLA ortamında oluşan yapıların morfolojik değerlendirilmesi sonucu *Fusarium oxysporum* olmadığı saptanan izolatlar

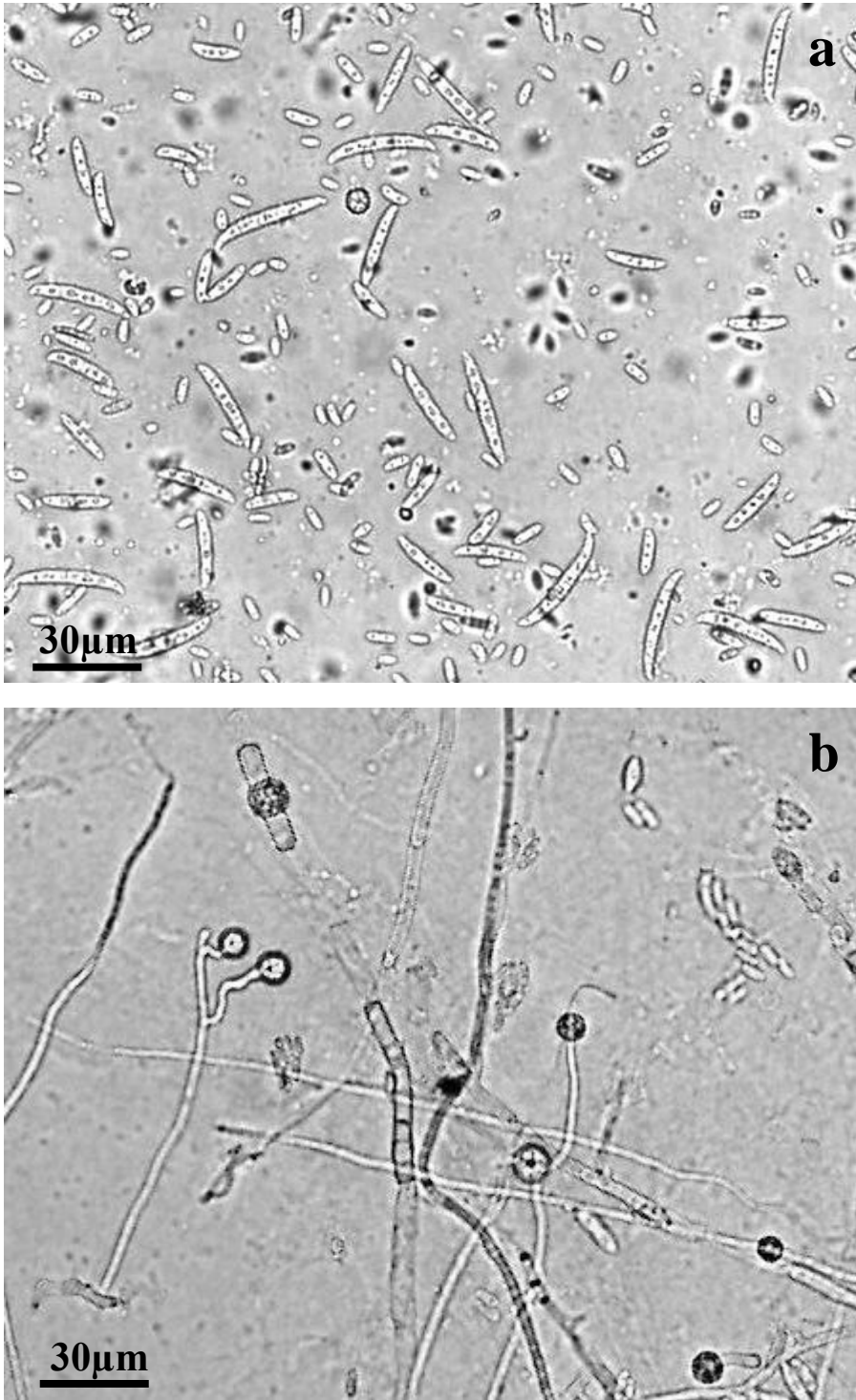
Çizelge 4.2. Aydın'ın farklı ilçelerinden elde edilen izolatların oluşturduğu hastalığın % değerleri (devamı)

İlçeler ve izolat sayısı	İzolat Nosu	Hastalık Yüzdeleri (%)
Söke (14)	SO-2	18
	SO-3	27
	SO-6	100
	SO-8	29
	SO-9	29
	SO-10	75
	SO-11	100
	SO-12	40
	SO-21	100
	SO-22	42
	SO-25	15
	SO-26	58
	SO-29	15
	SO-40	29
Bozdoğan (8)	BD-1	100
	BD-6*	22
	BD-7	38
	BD-11	24
	BD-12	18
	BD-16	35
	BD-17	31
	BD-20	24
Merkez (6)	ME-1	17
	ME-2	20
	ME-3	67
	ME-4	33
	ME-5	40
	ME-6	47
Yenipazar (4)	YP-1	62
	YP-4	22
	YP-5	100
	YP-12	44
Sultanhisar (3)	SH-3	18
	SH-8	15
	SH-12	100
İncirliova (1)	IO-1	84
Nazilli (1)	NA-1	24

* CLA ortamında oluşan yapıların morfolojik değerlendirilmesi sonucu *Fusarium oxysporum* olmadığı saptanan izolatlar

4.5. Patojen Bulunan İzolatların CLA Ortamında *Fusarium oxysporum* Olarak Tanılanması

Patojenisite testi sonucu patojen olarak bulunan 75 izolatın *Fusarium oxysporum* olduğunu netleştirmek için CLA ortamında oluşan yapılarının mikroskopik incelenmesi sonucu 73 izolatın *F. oxysporum* özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. *F. oxysporum* olarak tanılanan izolatların Leslie ve Summerell (2006)'in de tarif ettiği gibi mikrokonidileri çoğunlukla tek hücreli, oval veya böbrek şeklinde olup, serbest halde veya kısa monofialidler üzerinde oluşmaktadır. Makrokonidilerin ise genellikle 3 hücreli, ince duvarlı düz veya hafif kavisli bir görünümü bulunmaktadır. Makrokonidilerin apikal hücreleri konik ve kavisli bazen hafif kanca, basal hücreleri ise ayak şeklinde görünümüne sahiptirler. Bu izolatların kışlama sporları olarak bilinen klamidosporlarının oluşumları da 2-4 hafta süre ile izlenerek belirlenmiştir (Şekil 4.9 a,b). Schippers ve Van Eck (1981) *F. oxysporum*'un klamidosporlarının makrokonidide veya hif üzerinde oluştuğunu belirtmekle birlikte çalışmamızda elde ettiğimiz izolatların klamidosporlarının çoğunlukla tek ve/veya çift olarak hif ucunda veya hif ortasında geliştiği görülmüştür. Nitekim Egel ve Martyn (2007) de klamidosporların tek hücreli olup tek, çift, kısa zincir veya küme şeklinde hifin ortasında veya ucunda oluşabileceğini bildirmiştir. Ayrıca mikroskopta yaptığımız ölçümlerde mikrokonidilerin uzunluğu 7.38-13.18 μm (ortalama 9.42 μm), makrokonidilerin uzunluğu ise 29.12-43.87 μm (ortalama 32.64 μm) olarak saptanırken, bu değerler Watanabe (2002)'nin belirttiği mikrokonidi (6-15.8 μm) ve makrokonidi (29.1-45 μm) boyutlarına uygun bulunmuştur. Morfolojik yapılarının özelliklerine göre *F. oxysporum* olarak tanısı yapılan 73 izolatın dışında Çine (CN-16) ve Bozdoğan ilçelerinden elde edilen (BD-6) birer izolatın *F. oxysporum* olmadığı saptanmıştır. Bu sonuçlar *F. oxysporum* tanısının büyük çapta patojenisite testlerine dayanarak yapılabileceğini ancak bunu netleştirmek için Nelson vd. (1983)'nin de belirttiği gibi izolatların CLA ortamında oluşturdukları yapıların mikroskopik özelliklerinin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Nitekim karpuzda gösterdiği patojenite sonucu *F. oxysporum* olarak tanılanan izolatlardan ikisi farklı bir tür olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9. *Fusarium oxysporum*'un mikrokonidi, makrokonidi (a) ve klamidosporları (b)

4.6. İzolatların Karpuz Dışındaki Bazı Kabakgillerdeki Patojenisitesine Dayanarak *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* Olarak Tanılanması

Patojenisite testinin ardından CLA'da da *Fusarium oxysporum* olarak tanılanan 73 izolatın bir kez de diğer kabakgiller olan kavun, kabak ve hıyarda patojen olup olmadığı test edilmiştir. Bu çalışmada hiçbir izolatın kontrol olarak kullanılan Sugar Baby karpuz çeşidinde sergilediği sararma, solgunluk veya ölüm gibi hastalık belirtilerini diğer kabakgillerde yapmadığı gözlemlenmiştir. Buna ek olarak inokulasyondan bir ay sonra karpuz bitkilerinin kök/ kök boğazında oluşan lezyonlara ve iletim demetlerinde renk değişikliği yani kahverengileşmelere de rastlanmamıştır. Konukçuya özelleşmesi nedeniyle farklı forma speciales altında toplanan *F. oxysporum* türleri içinde sadece karpuzda hastalık oluşturanlar *F. oxysporum* f.sp. *niveum* olarak tanılanmaktadır (Netzer, 1976; Biles ve Martyn, 1989; Zhou vd., 2010). Ancak bazı araştırmalarda *F. oxysporum*'da görülen konukçu özelleşmesinde istisnai durumların olduğuda bildirilmiştir. Nitekim Egel ve Martyn (2007), iklim odasında ve laboratuvar çalışmalarında *F. oxysporum*'un bazı forma specialeslerin özelleştiği konukçu dışındaki diğer kabakgilleri de enfekte ettiğini (çapraz enfeksiyon) belirtmişlerdir. Owen (1955) hıyar bitkisinden elde edilen bir adet *Fusarium solgunluk* etmeni *F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum*' un hem karpuzda hem de kavunda patojenik olduğunu saptamıştır. Bir başka çalışmada da Bahamas adalarından elde edilen *F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum* izolatının karpuz, kavun ve hıyarda hastalık yaptığı bildirilirken (McMillan, 1986), Hollanda'da hıyarlardan elde edilen *F. oxysporum* izolatlarının diğer üç kabakgil türünde de enfeksiyona neden olduğu belirtilmiştir (Gerlagh ve Blok, 1988). Zhou ve Everts (2007) de ABD Maryland ve Delaware eyaletlerinden elde edilen 88 *Fon* izolatından dördünün bazı kavun çeşitlerinde farklı seviyelerde (%17-57) hastalığa neden olduğunu saptamıştır. Bu nedenle çalışmamızda kavun, hıyar ve kabak bitkilerinde hastalık oluşturmadığı belirlenen 73 izolat net olarak *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* olarak tanılanmıştır.

Yapılan bu tanılamalar sonucunda Aydın ilinde örnekleme yapılan ilçelerin karpuz alanlarında hastalık etmeni olarak bulunan *F.oxysporum*' un *Fon* olduğu ortaya konmuştur. İlçeler arasında en fazla *Fon* izolatı (21 adet) Koçarlı ilçesinden elde edilirken, karpuz üretimi ile ilk sırada yer alan Çine 16 *Fon* izolatı ile ikinci sırada yer almıştır. Bu ilçeleri sırası ile Söke (14 adet), Bozdoğan (7 adet), Merkez (6 adet), Yenipazar (4 adet) ve Sultanhisar (3 adet) takip etmiştir. İlçeler arasında

en az *Fon* izolatu birer izolat ile İncirliova ve Nazilli ilçelerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. *Fon* izolatları ve elde edildiği ilçeler

İlçeler	İzolatlarda							Toplam
Koçarlı	KO-1	KO-2	KO-4	KO-5	KO-6	KO-8	KO-9	21
	KO-10	KO-12	KO-17	KO-18	KO-19	KO-20	KO-25	
	KO-27	KO-28	KO-32	KO-34	KO-36	KO-38	KO-42	
Çine	CN-1	CN-2	CN-4	CN-5	CN-6	CN-11	CN-13	16
	CN-20	CN-22	CN-24	CN-25	CN-28	CN-30	CN-32	
	CN-33	CN-34						
Söke	SO-2	SO-3	SO-6	SO-8	SO-9	SO-10	SO-11	14
	SO-12	SO-21	SO-22	SO-25	SO-26	SO-29	SO-40	
Bozdoğan	BD-1	BD-7	BD-11	BD-12	BD-16	BD-17	BD-20	7
Merkez	ME-1	ME-2	ME-3	ME-4	ME-5	ME-6		6
Yenipazar	YP-1	YP-4	YP-5	YP-12				4
Sultanhisar	SH-3	SH-8	SH-12					3
İncirliova	IO-1							1
Nazilli	NA-1							1

4.7. Aydın İlinde *Fusarium oxysporum f.sp. niveum*'un Oluşturduğu Hastalığın Yoğunluğu

Karpuzlarda solgunluk ve kurumaların Aydın ilinde yaygınlığını belirlendikten sonra hastalıklı bitki örneklerden izole edilen ve *Fon* olarak tanısı yapılan etmenin neden olduğu *Fusarium solgunluğu* hastalığının Aydın'da bin tonun üzerinde karpuz üretimi olan ilçelerinin hepsinde farklı yoğunluklarda var olduğu saptanmıştır. Bu ilçelerde örnekleme yapılan 71 karpuz tarlasının 45'inde *Fon* izolatu elde edilerek bu tarlaların *Fon* ile bulaşık olduğu teyit edilmiştir. Çizelge 4.4'de görüldüğü üzere *Fon* izolatu elde edilen bu 45 tarlada hastalık yoğunluğunun (*Fon*'un hastalandırdığı bitkilerin yoğunluğu) %0.17-12 arasında değiştiği saptanmıştır. Koçarlı ilçesinde örnekleme yapılan 20 tarlanın 14'ünde *Fon* izolatu elde edilirken hastalık yoğunluğu %0.20 ile %0.91 arasında değişmiştir. Çine ilçesinde örneklerin alındığı 16 tarladan 12'sinde *Fon* izolatu elde edilmiş olup, hastalık yoğunluğu %0.20 - %12 olarak hesaplanmıştır. Bu ilçede bulunan iki tarla %4 ve %12 lik değerler ile hastalığın en yoğun olduğu tarlalar olarak belirlenmiştir. Söke ilçesinde örnekleme yapılan 14 tarladan *Fon* izolatu elde edilen 7 tarlada hastalık yoğunluğu %0.20 ile %1.20 arasında değişmiştir. Bozdoğan ilçesinde ise örnekleme yapılan 8 tarlanın 5'inde *Fon* izolatu elde edilmiştir. Bu tarlalarda hastalık yoğunluğu %0.20 ile %1.25 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sultanhisar ilçesinde 9 tarlanın sadece 3'ünden *Fon* izolatu elde edilirken, bu tarlalarda hastalık yoğunluğu en yüksek %0.50 olarak bulunmuştur. Merkez ilçeden 2, İncirliova ve Nazilli ilçelerinde birer tarladan alınan örneklerin hepsinden *Fon* izolatu elde edilmiş olup, hastalık yoğunlukları %1.33 altında kalmıştır.

Çukurova Bölgesi'nde Yücel vd. (1999) 1993-1994 yılları arasında yapmış oldukları araştırmada karpuzda *Fusarium solgunluk* hastalığının yoğunluğu Adana ilinde %16.2 oranında saptanırken ve İçel ilinde bu oranın %23.1 olduğu bildirilmiştir. Kurt vd. (2005), Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu illerinde 2004 yılında solgunluk belirtisi sergileyen bitkilerden alınan örneklerden izole ettikleri etmenlerin %76'sının *Fon* olduğunu saptamışlardır. Bu bölgelerde karpuzda *Fusarium solgunluğu* yoğunluğunun en fazla Diyarbakır (%51.0) ilinde en az Mersin ilinde (%18.8) bulunduğunu kaydetmişlerdir.

Aydın İli karpuz üretim alanlarında belirlenen *Fon*' un neden olduğu hastalık yoğunluğu sadece karpuz üretiminde önde gelen illerimizde yapılan çok az

sayıdaki çalışma ile karşılaştırıldığında hastalık yoğunluğun oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Aydın' da bin tonun üzerinde karpuz üretimi yapan ilçelerde *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*'un neden olduğu karpuz solgunluk hastalığının yoğunluğu

İlçe	Tarladaki hasta bitkilerin oranı (%)	Hasta bitki örneği sayısı	Fon izole edilen bitki örneği sayısı	Fon izole edilen bitkilerin oranı (%)	Fon'un * hastalandırdığı bitkilerin yoğunluğu (%)
Koçarlı	0.01	2	1	0.50	0.50
	0.03	6	1	0.17	0.50
	0.04	6	1	0.17	0.67
	0.01	4	2	0.50	0.50
	0.03	5	1	0.20	0.60
	0.01	5	2	0.40	0.40
	0.02	5	0	0.00	0.00
	0.01	3	1	0.33	0.33
	0.06	12	0	0.00	0.00
	0.01	6	4	0.67	0.67
	0.01	3	0	0.00	0.00
	0.01	5	1	0.20	0.20
	0.01	4	2	0.50	0.50
	0.01	5	0	0.00	0.00
	0.04	5	0	0.00	0.00
	0.01	3	1	0.33	0.33
	0.01	3	0	0.00	0.00
	0.01	4	1	0.25	0.25
	0.01	4	1	0.25	0.25
	0.05	11	2	0.18	0.91
Çine	0.01	5	1	0.20	0.20
	0.02	6	1	0.17	0.33
	0.01	5	1	0.20	0.20
	0.02	5	1	0.20	0.40
	0.02	5	1	0.20	0.40
	0.01	5	0	0.00	0.00
	0.10	10	2	0.20	2.00
	0.60	15	1	0.07	4.00
	0.90	15	2	0.13	12.00
	0.02	4	1	0.25	0.50
	0.01	3	1	0.33	0.33
	0.01	5	2	0.40	0.40
	0.01	6	2	0.33	0.33
	0.01	4	0	0.00	0.00
	0.04	7	0	0.00	0.00
0.01	6	0	0.00	0.00	

*Hastalık yoğunluğu

Çizelge 4.4. Aydın' da bin tonun üzerinde karpuz üretimi yapan ilçelerde *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*'un neden olduğu karpuz solgunluk hastalığının yoğunluğu (devamı)

İlçe	Tarladaki hasta bitkilerin oranı (%)	Hasta bitki örneği sayısı	Fon izole edilen bitki örneği sayısı	Fon izole edilen bitkilerin oranı (%)	Fon'un * hastalandırdığı bitkilerin yoğunluğu (%)
Söke	0.06	10	2	0.20	1.20
	0.04	10	0	0.00	0.00
	0.01	5	1	0.20	0.20
	0.01	3	0	0.00	0.00
	0.02	10	5	0.50	1.00
	0.01	7	0	0.00	0.00
	0.01	6	0	0.00	0.00
	0.01	4	2	0.50	0.50
	0.01	5	2	0.40	0.40
	0.03	9	1	0.11	0.33
	0.01	3	0	0.00	0.00
	0.01	8	0	0.00	0.00
	0.01	5	0	0.00	0.00
0.10	10	1	0.10	1.00	
Bozdoğan	0.01	3	1	0.33	0.33
	0.02	7	0	0.00	0.00
	0.10	10	0	0.00	0.00
	0.01	4	1	0.25	0.25
	0.05	8	2	0.25	1.25
	0.02	7	0	0.00	0.00
	0.01	8	2	0.25	0.25
	0.01	5	1	0.20	0.20
Sultanhisar	0.01	7	0	0.00	0.00
	0.01	6	1	0.17	0.17
	0.01	4	0	0.00	0.00
	0.03	8	1	0.13	0.38
	0.01	4	0	0.00	0.00
	0.04	8	1	0.13	0.50
	0.01	5	0	0.00	0.00
	0.01	3	0	0.00	0.00
0.01	3	0	0.00	0.00	
Merkez	0.02	10	4	0.40	0.80
	0.02	3	2	0.67	1.33
İncirliova	0.01	3	1	0.33	0.33
Nazilli	0.02	6	1	0.17	0.33

*Hastalık yoğunluğu

4.8. *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* İzolatlarının Irkları

Aydın ve ilçelerinden elde edilen 73 *Fon* izolatının Sugar Baby, Charleston Gray, Calhoun Gray ve PI-296341-FR ayırıcı karpuz çeşitlerinde hastalandırıldığı (sararma, solma veya ölüm) bitkilerin oranları üzerinden yapılan değerlendirmelere göre ırkları belirlenmiştir (Şekil 4.10.). Zhou vd. (2010)'nin tanımladığı gibi her bir ayırıcı çeşitte toplam bitkilerin %33 ve üzerinde bitki hastalanmış ise ayırıcı karpuz çeşidinin reaksiyonu duyarlı olarak kabul edilmiştir. Aksi halde dayanıklı olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.10. Ayırıcı karpuz çeşitlerinin Irk 2 izolatı SO-12'ye karşı gösterdikleri reaksiyonlar

Bu değerlendirmelere göre 73 *Fon* izolatından, 21 izolat Irk 0 (izelge 4.5.), 27 izolat Irk 1 (izelge 4.6.), 25 izolat Irk 2 (izelge 4.7.) olarak belirlenmiştir. Test edilen izolatlar arasında Irk 3'e rastlanmamıştır.

Irk 0 olarak belirlenen izolatların tamamı sadece Irk 0'a hassas olduğu bilinen Sugar Baby çeşidine ait bitkilerin %33-100'nde hastalık oluştururken, Irk 0'a dayanıklı diğer iki çeşit olan Charleston Gray ve Calhoun Gray de bazı izolatlar %33' den az oranda hafif düzeyde hastalık oluşturduğundan çeşitlerin reaksiyonu dayanıklı olarak kaydedilmiştir. Tüm ırklara dayanıklı olan PI-296341-FR eşidinde ise hiçbir hastalık belirtisine rastlanmamıştır (izelge 4.5.).

Çizelge 4.5. Ayırıcı karpuz eşitlerinin Irk 0 izolatlarına karşı reaksiyonları ve hastalanan bitkilerin oranı (%)

Irk 0 izolatları	Sugar Baby	Charleston Gray	Calhoun Gray	PI- 296341-FR
KO-1	S (33)	R	R	R
KO-6	S (67)	R	R	R
KO-9	S (56)	R (22)	R (11)	R
KO-10	S (89)	R	R	R
KO-12	S (67)	R	R	R
KO-18	S (67)	R (22)	R	R
KO-25	S (44)	R	R	R
KO-36	S (33)	R	R	R
CN-28	S (56)	R (11)	R (11)	R
SO-2	S (56)	R	R	R
SO-3	S (100)	R	R	R
SO-10	S (100)	R	R	R
SO-22	S (78)	R	R	R
SO-25	S (100)	R	R	R
ME-1	S (56)	R (11)	R	R
ME-5	S (78)	R (11)	R	R
ME-6	S (44)	R	R	R
YP-4	S (67)	R (11)	R	R
YP-12	S (78)	R	R	R
SH-3	S (44)	R	R	R
NA-1	S (100)	R	R	R

S: Hassas (Hastalıklı bitki oranı %33 ve zeri)

R: Dayanıklı (Hastalıklı bitki oranı % 33'den dşk)

Irk 1 içinde yer alan 27 izolat bu ırkın tanınmasında belirleyici hassas çeşitler olan Sugar Baby ve Charleston Gray'de hastalık oluşturmuştur. Hastalanan bitkilerin yoğunluğu en fazla Sugar Baby çeşidinde görülürken hastalıklı bitkilerin oranı %56-100 arasında değişmiştir. Diğer hassas çeşit Charleston Gray'da ise bu oranlar %33-67 arasında saptanmıştır. Irk 1 izolatlarına karşı dayanıklı olan çeşitlerden Calhoun Gray da sadece 6 izolat bitkilerde %33'den az oranda hastalığa neden olmuştur. Yine Irk 0 da olduğu gibi Irk 1 izolatları da PI- 296341-FR çeşidinde enfeksiyona neden olmamışlardır (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. Ayrıcı karpuz çeşitlerinin Irk 1 izolatlarına karşı reaksiyonları ve hastalanan bitkilerin oranı (%)

İrk 1 izolatları	Sugar Baby	Charleston Gray	Calhoun Gray	PI- 296341-FR
KO-5	S (89)	S (33)	R (22)	R
KO-8	S (100)	S (33)	R	R
KO-17	S (56)	S (33)	R	R
KO-19	S (100)	S (33)	R (22)	R
KO-20	S (78)	S (33)	R	R
KO-28	S (100)	S (67)	R	R
KO-32	S (67)	S (33)	R	R
KO-34	S (100)	S (67)	R	R
KO-42	S (78)	S (33)	R	R
CN-1	S (100)	S (33)	R	R
CN-4	S (56)	S (33)	R (22)	R
CN-24	S (89)	S (33)	R	R
CN-30	S (67)	S (33)	R	R
CN-32	S (67)	S (33)	R	R
CN-34	S (89)	S (33)	R	R
SO-8	S (67)	S (33)	R	R
SO-26	S (67)	S (33)	R	R
BD-1	S (100)	S (44)	R	R
BD-7	S (100)	S (44)	R	R
BD-11	S (100)	S (33)	R (11)	R
BD-16	S (67)	S (33)	R	R
BD-17	S (100)	S (33)	R	R
ME-3	S (89)	S (33)	R	R
ME-4	S (100)	S (44)	R (11)	R
SH-8	S (100)	S (33)	R (11)	R
SH-12	S (100)	S (67)	R	R
IO-1	S (100)	S (33)	R	R

S: Hassas (Hastalıklı bitki oranı % 33 ve üzeri)

R: Dayanıklı (Hastalıklı bitki oranı % 33'den düşük)

Fon izolatları arasından Irk 2 olarak belirlenenlerin tamamı bu ırka karşı hassas olan Sugar Baby, Charleston Gray ve Calhoun Gray çeşitlerinde hastalığa neden olmuştur. Tüm ırklara karşı hassas olan Sugar Baby de, bitkilerin tamamına yakını şiddetli bir şekilde hastalanırken, diğer hassas çeşitlerde oluşan hastalık oranı %33-100 arasında değişmiştir. Irk 3 izolatlarının saptanmasında belirleyici çeşit olan PI-296341-FR çeşidinde ise hastalık oranı %33'den düşük bulunmuş ve hastalanan bitkilerde de enfeksiyon şiddetinin hafif seyrettiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.7.).

Çalışmamız kapsamında elde edilen 73 *Fon* izolatı arasından hiçbiri Zhou vd. (2010) belirttiği gibi Irk 3 izolatlarının saptanmasında belirleyici olan PI-296341-FR karpuz çeşidinde yoğun düzeylerde hastalık oluşumuna neden olmamıştır. Bazı *Fon* izolatları PI-296341-FR karpuz çeşidinde hafif düzeylerde hastalığa neden olmuşlarsa da bu izolatlar Irk 2'ye ait izolatlar arasında yerini almıştır.

Nitekim Zhou vd. (2010) ABD Maryland'den elde ettikleri 4 adet *Fon* izolatının oldukça virüent bulunan tüm izolatlara özellikle de 2 no'lu ırka karşı yüksek düzeyde dayanıklı olan PI-296341-FR çeşidinde %78 ile %100 arasında solgunluk oluşturduğunu saptamıştır. Irk 3'e ait bu dört izolatın, PI-296341-FR bitkilerinin gövde alt kısımlarında Irk 2'ye ait izolatlardan çok daha yoğun bir şekilde kolonize olduğunu, virülensliklerinde diğer ırklara göre çok daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.7. Ayırıcı karpuz çeşitlerinin Irk 2 izolatlarına karşı reaksiyonları ve hastalanan bitkilerin oranı (%)

Irk 2 izolatları	Sugar Baby	Charleston Gray	Calhoun Gray	PI- 296341-FR
KO-2	S (100)	S (100)	S (100)	R (11)
KO-4	S (89)	S (56)	S (44)	R
KO-27	S (100)	S (100)	S (67)	R
KO-38	S (100)	S (78)	S (33)	R
CN-2	S (100)	S (33)	S (33)	R
CN-5	S (100)	S (33)	S (33)	R
CN-6	S (100)	S (56)	S (33)	R
CN-11	S (100)	S (56)	S (33)	R
CN-13	S (100)	S (44)	S (33)	R
CN-20	S (100)	S (33)	S (33)	R
CN-22	S (100)	S (100)	S (100)	R (22)
CN-25	S (100)	S (100)	S (100)	R (11)
CN-33	S (100)	S (67)	S (56)	R (11)
SO-6	S (100)	S (78)	S (33)	R
SO-9	S (100)	S (100)	S (67)	R (22)
SO-11	S (100)	S (78)	S (56)	R
SO-12	S (100)	S (100)	S (100)	R (22)
SO-21	S (100)	S (100)	S (56)	R (11)
SO-29	S (56)	S (33)	S (33)	R
SO-40	S (100)	S (100)	S (33)	R (11)
BD-12	S (100)	S (100)	S (56)	R
BD-20	S (100)	S (78)	S (33)	R
ME-2	S (100)	S (78)	S (78)	R
YP-1	S (100)	S (100)	S (44)	R
YP-5	S (100)	S (67)	S (44)	R

S: Hassas (Hastalıklı bitki oranı % 33 ve üzeri)

R: Dayanıklı (Hastalıklı bitki oranı % 33'den düşük)

Aydın ili ve ilçelerinde bulunan karpuz üretim alanlarından elde edilen *Fon* izolatlarının %28,8'i Irk 0, %37,0'ı Irk 1, %34,2'si Irk 2 olarak bulunurken bu irkların ilçelere göre dağılımları Çizelge 4.8'de verilmiştir. En fazla *Fon* izolatu elde edilen Koçarlı ilçesinde 8 adet Irk 0, 9 adet Irk 1, 4 adet Irk 2 izolatu saptanmıştır. En yüksek karpuz üretiminin yapıldığı Çine'de ise bir adet Irk 0, 6 adet Irk 1'e ait izolatu belirlenirken, 9 adet Irk 2 izolatu ile en çok Irk 2 izolatinin bulunduğu ilçe olmuştur. Yine karpuz üretimi yüksek olan ilçelerden Söke'de 5 adet Irk 0, 2 adet Irk 1, 7 adet Irk 2 izolatu tespit edilmiştir. Diğer ilçelerden Bozdoğan'da 5 adet Irk 1 ve 2 adet Irk 2, Merkez (Efeler) İlçe'de 3 adet Irk 0, 2 adet Irk 1, 1 adet Irk 2 izolatu bulunmaktadır. Yenipazar İlçesi'nde 2 adet Irk 0, 2 adet Irk 2, Sultanhisar' da ise 1 adet Irk 0, 2 adet Irk 1 izolatu saptanırken, sadece birer *Fon* izolata sahip İncirliova ilçesinde Irk 1, Nazilli ilçesinde ise Irk 0 izolatu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı fizyolojik ırklar'a ait *Fon* İzolatlarının Aydın ilçelerine göre dağılımı

İlçeler	<i>Fon</i> fizyolojik ırkları			
	İrk 0	İrk 1	İrk 2	İrk 3
Koçarlı	KO-1	KO-5	KO-2	
	KO-6	KO-8	KO-4	
	KO-9	KO-17	KO-27	
	KO-10	KO-19	KO-38	
	KO-12	KO-20		
	KO-18	KO-28		
	KO-25	KO-32		
	KO-36	KO-34		
		KO-42		
Çine	CN-28	CN-1	CN-2	
		CN-4	CN-5	
		CN-24	CN-6	
		CN-30	CN-11	
		CN-32	CN-13	
		CN-34	CN-20	
			CN-22	
			CN-25	
			CN-33	
Söke	SO-2	SO-8	SO-6	
	SO-3	SO-26	SO-9	
	SO-10		SO-11	
	SO-22		SO-12	
	SO-25		SO-21	
			SO-29	
Bozdoğan		BD-1	BD-12	
		BD-7	BD-20	
		BD-11		
		BD-16		
		BD-17		
Merkez	ME-1	ME-3	ME-2	
	ME-5	ME-4		
	ME-6			
Yenipazar	YP-4		YP-1	
	YP-12		YP-5	
Sultanhisar	SH-3	SH-8		
		SH-12		
İncirliova		IO-1		
Nazilli	NA-1			

Aydın ilini kapsayan çalışmamızda elde edilen *Fon* izolatları arasında 3 fizyolojik ırk belirlenmiştir. Ege Bölgesi'nde yürütülen bir çalışmada da Qureshi ve Yıldız (1982) bölgeden elde ettikleri 23 *Fon* izolatını Sugar Baby, Charleston Gray ve Calhoun Gray karpuz çeşitlerinde testlemeleri sonucunda ikisinin Irk 0, bir izolatın Irk 1 olduğunu saptamışlardır. Diğer 20 izolatın ise her üç karpuz çeşidini de hastalandırmasından dolayı başka ırk yada ırkları olabileceğini bildirmişlerdir. Yine aynı bölgeden Filiz ve Turhan (1991)'nin yaptığı farklı bir çalışmada da 37 *Fon* izolatından 2'sinin Irk 0, 8'inin Irk 1 ve 27'sinin de Irk 2 olduğu belirtilmiştir.

Çukurova Bölgesi'nde ise Yücel vd. (1999) 47 *Fon* izolatından 3'ünü Irk 0, 30'unu Irk 1, 14'ünü Irk 2 olarak tanımlarken, Ay ve Erkılıç (2008) 25 adet *Fon* izolatından 4'ünü Irk 0, 7'sini Irk 1, 14'ünü de Irk 2 olarak belirlemiştir.

Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni kapsayan bir başka çalışmada da Kurt vd. (2008) Adana ilinden elde edilen 21 *Fon* izolatından 10'unun Irk 0, 8'inin Irk 1, 3'ünün de Irk 2 olduğunu; Gaziantep, Şanlıurfa, Adıyaman, Batman ve Diyarbakır illerinden elde edilen 12 *Fon* izolatından 4'ünün Irk 0, 8'inin ise Irk 1 olduğu bildirmiştir.

Bu çalışmanın paralelinde Aydın ilinde üretimi yapılan bazı karpuz çeşitlerinin *Fon* ırklarına karşı reaksiyonlarının belirlenmesinde kullanılacak izolatları seçmek üzere 73 izolatın virülenslikleri de ölçülmüştür. Her bir ırka ait en düşük ve en yüksek virülensliğe sahip izolatları belirlemek için tüm *Fon* izolatlarının ayırıcı karpuz çeşidi bitkilerinin iletim demetlerinde oluşturduğu kahverengileşmenin uzunlukları ölçülmüştür. Bu verilerin 0-5 skalasına göre uyarlanması ile elde edilen değerler üzerinden Tawsend- Heuberger formülüne göre hastalık yüzdesi hesaplanmıştır. Buradan elde edilen hastalık yüzdeleri ile birlikte tüm çeşitlerde hastalanan bitki sayısı ve bunlar içinde ölen bitkilerin sayıları izolatların seçiminde kullanılmıştır (Çizelge 4.9., 4.10., 4.11.)

Çizelge 4.9. Irk O' a ait olan *Fon* izolatlarının ayırıcı karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalığın yüzde değerleri, tümünde hastalandırıldığı bitki sayısı ve bunlar arasında ölen bitkilerin sayısı

Irk O izolatları	Toplam hasta bitki sayısı	Hasta bitkiler arasındaki ölü bitki sayısı	Hastalık İndeksi (%)			
			Sugar Baby	Charleston Gray	Calhoun Gray	PI-296341-FR
KO-1	3		29	9		
KO-6	6		40	7		
KO-9	8		20	2	1	
KO-10	8	2	53			
KO-12	6	6	84	20		
KO-18	8		33	18		
KO-25	4		29	8		
KO-36	3	2	33	4		
CN-28	7	7	64	29	18	
SO-2	5		27			
SO-3	9		42			
SO-10	9		49	7		
SO-22	7		47	4	2	
SO-25	9		49	8		
ME-1	6		49	20		
ME-5	8	6	91	15		
ME-6	4		35	17		
YP-4	7		42	24		
YP-12	7		42	13		
SH-3	4		31	18		
NA-1	9		35	9		

Çizelge 4.10. Irk 1'e ait olan *Fon* izolatlarının ayırıcı karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalığın yüzde değerleri, tümünde hastalandırıldığı bitki sayısı ve bunlar arasında ölen bitkilerin sayısı

Irk 1 izolatları	Toplam hasta bitki sayısı	Hasta bitkiler arasındaki ölü bitki sayısı	Hastalık İndeksi (%)			
			Sugar Baby	Charleston Gray	Calhoun Gray	PI-296341-FR
KO-5	13	5	75	29	15	
KO-8	12	9	100	20		
KO-17	8		44	33		
KO-19	14	9	100	31		
KO-20	10	2	44	31	6	
KO-28	15		55	33		
KO-32	9		44	29		
KO-34	15	8	98	33		
KO-42	10	4	62	31	4	
CN-1	12	3	55	22	6	
CN-4	10		51	33	24	
CN-24	11		58	20		
CN-30	9	3	55	38	11	
CN-32	9		44	29		
CN-34	11		55	33	6	
SO-8	9		44	31		
SO-26	9	7	80	42	7	
BD-1	13	2	51	31	6	
BD-7	13	2	64	38	6	
BD-11	13		55	33	15	
BD-16	9		38	20	6	
BD-17	12	5	71	33	8	
ME-3	11		62	33		
ME-4	14		51	33	18	
SH-8	13		71	29	18	
SH-12	15	9	100	40		
IO-1	12		49	31	8	

Çizelge 4.11. Irk 2'ye ait olan *Fon* izolatlarının ayırıcı karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalığın yüzde değerleri, tümünde hastalandırıldığı bitki sayısı ve bunlar arasında ölen bitkilerin sayısı

Irk 2 izolatları	Toplam hasta bitki sayısı	Hasta bitkiler arasındaki ölü bitki sayısı	Hastalık İndeksi (%)			
			Sugar Baby	Charleston Gray	Calhoun Gray	PI-296341-FR
KO-2	28	9	80	60	49	4
KO-4	17	7	91	38	29	
KO-27	24	12	100	69	29	
KO-38	19	9	100	42	11	
CN-2	15	5	75	37	31	
CN-5	15		44	38	15	
CN-6	17	9	100	42	33	
CN-11	17		55	35	27	
CN-13	16	7	67	38	27	
CN-20	15		87	40	17	
CN-22	29	9	100	49	33	
CN-25	28	27	100	100	93	
CN-33	21	9	100	49	31	11
SO-6	19	11	100	53	29	
SO-9	26	17	100	98	64	8
SO-11	21	9	100	49	40	
SO-12	29	25	100	100	87	15
SO-21	24	23	100	100	64	8
SO-29	11	7	64	42	22	
SO-40	22	13	100	58	29	8
BD-12	23	9	100	55	27	
BD-20	19	6	84	47	17	
ME-2	23	6	89	51	40	
YP-1	22	9	100	58	20	
YP-5	19	19	100	75	31	

İzolatlar arasından virülensliği en düşük ve en yüksek olanları belirlerken, herbir ırkı temsil eden *Fon* izolatların öncelikle oluşturdukları hasta bitki sayısı toplamı, sonra bu hasta bitkiler arasında bulunan ölü bitki sayısı, daha sonra da herbir çeşitin iletim demetlerinde oluşturdukları kahverengileşme üzerinden belirlenen

hastalık yüzdesi gözönünde bulundurulmuştur. Buna uygun olarak yapılan değerlendirmede sonucunda; virülensliği en düşük izolatlar olarak Irk 0 için Koçarlı ilçesinden KO-1, Irk 1 için yine Koçarlı ilçesinden KO-17, Irk 2 için ise Çine ilçesinden CN-5 izolatı seçilmiştir. Virülensliği en yüksek izolatları ise Irk 0 için Söke ilçesine ait SO-25, Irk 1 için Sultanhisar ilçesine ait SH-12, Irk 2 için ise yine Söke ilçesine ait SO-12 izolatı temsil etmiştir (Çizelge 4.12.).

Çizelge 4.12. Irk 0, Irk 1, Irk 2'ye ait virülensliği en düşük ve en yüksek *Fon* izolatları

	Irk 0	Irk 1	Irk 2
Virülensliği en düşük izolat	KO-1	KO-17	CN-5
Virülensliği en yüksek izolat	SO-25	SH-12	SO-12

4.9. *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* İzolatlarının Vejetatif Uyum Grupları (VCG)

4.9.1. *Nit* Mutantlar ve Fenotipleri

Aydın ve ilçelerindeki karpuz üretim alanlarından elde edilen 73 adet *Fon* tek spor izolatlarına ait koloni parçasını içeren disklerin, içinde %1.5 KClO₃ bulunan MM' deki inkübasyonu sonrası ortamda ince, hızlı miselyum gelişimi gösteren koloniler veya koloni sektörleri klorat'a dayanıklı olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.11.). Denemeye alınan 73 *Fon* tek spor izolatından toplam 374 adet klorata dayanıklı koloni elde edilmiştir. Klorata dayanıklı kolonilerin tamamı MM' ya aktarılmış ve bu ortamda ince, yaygın ve havai miselyum içermeyen 299 koloni *nit* mutant olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.13.).



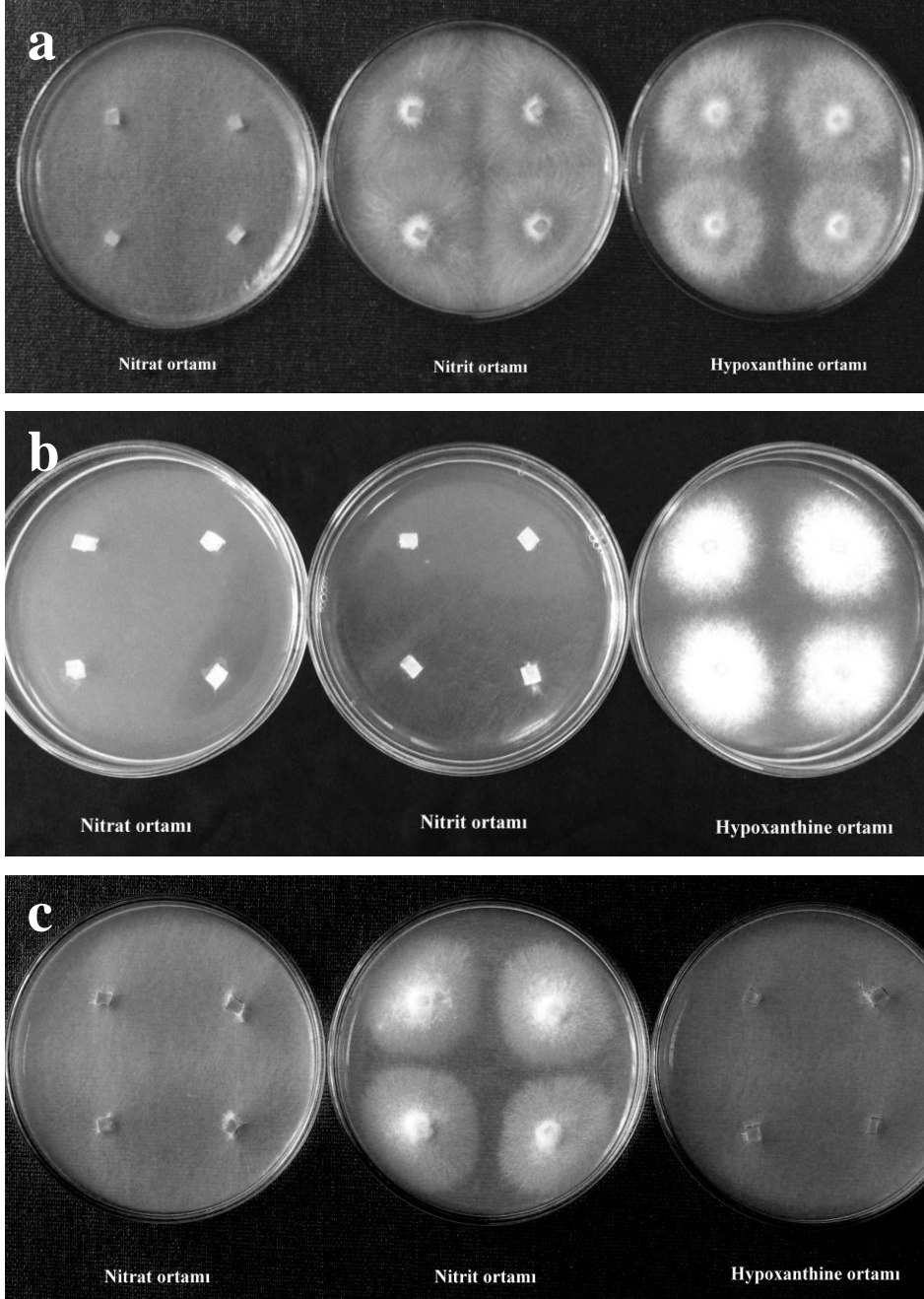
Şekil 4.11. NA-1 izolatında fazla gelişemeyen durgun koloniler içinde ince ve hızlı gelişen, klorata dayanıklı alanlar

Nit mutantlarının Şekil 4.12’de görüldüğü gibi fenotipik olarak ayırımında nitrat ortamında (MM) ince misel gelişimi gösterip, nitrit ortamı ve hypoxhantine ortamında havai misel gelişimi gösteren 226 adet *nit* mutant *nit1* (%75,6), nitrat ve nitrit ortamında ince misel gelişimi gösterip, hypoxhantine ortamında havai misel gelişimi gösteren 15 adet *nit* mutant *nit3* (%5), nitrat ve hypoxhantine ortamında ince misel gelişimi gösterip, nitrit ortamında havai misel gelişimi gösteren 58 adet *nit* mutant NitM (%19.4) olarak belirlenmiştir. Ancak 73 *Fon* tek spor izolatının 17’sinden *nit* mutant elde edilememiştir (Çizelge 4.13.). Bu izolatlardan 12’sinden (KO-17, KO-18, KO-42, CN-22, CN-33, SO-21, SO-22, SO-25, BD-1, ME-2, YP-5, SH-8) klorata dayanıklı koloni elde edilemediği için, diğer kalan 5 izolat (KO-12, CN-34, BD-20, ME-5, YP-1) ise başlangıçta klorata dayanıklı kolonilere benzer gelişim göstermesine karşın MM ortamına aktarıldığında havai miselyum içeren koloniler oluşturmaları nedeni ile *nit* mutant değerlendirmesine alınmamıştır.

İzolatlardan genelde 1 veya 2 farklı *nit* mutant elde edilirken, Söke ilçesine ait SO-9 izolatından 3 farklı *nit* mutant belirlenmiştir.

Bu çalışmanın yanısıra referans izolatlarından da *nit* mutantları elde edilmiş ve özellikle NitM fenotipli mutantının eldesine özen gösterilmiştir. Nitekim Puhalla (1985), Correll vd., (1987) çalışmalarındaki vejetatif uyum testlerinde referans izolatlarla yapılan eşleştirmelerde referans izolatların NitM mutantlarının en

güvenilir olduğunu, bu nedenle araştırmacıların kullandıkları referans izolatların NitM mutantlarını elde etmeleri gerektiğini önemle işaret etmişlerdir.



Şekil 4.12. *Fon* izolatlarına ait *nit* mutantların farklı azot kaynaklarına göre fenotipik olarak sınıflandırılması. *nit1* (a), *nit3* (b), NitM (c)

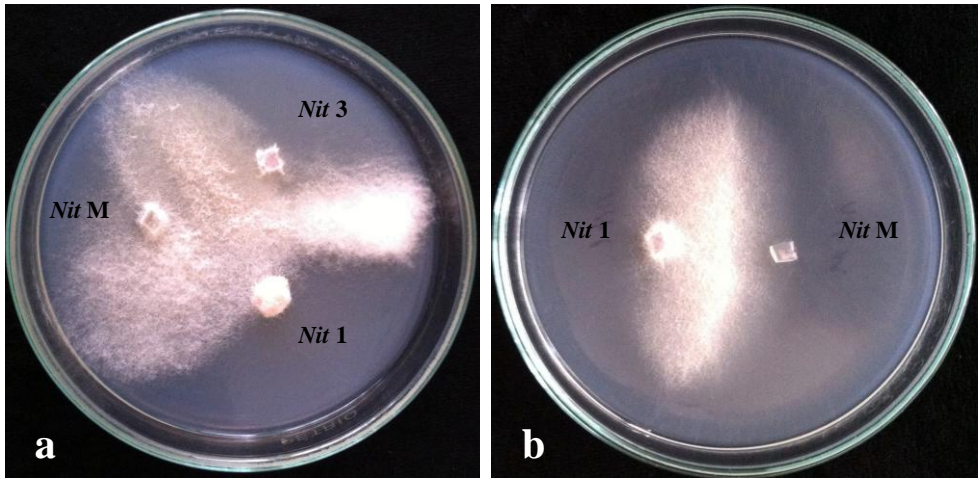
Çizelge 4.13. İlçelere göre *Fon* izolatlarından elde edilen *nit* mutantlar ve fenotipleri

İlçe	İzolat nosu	Klorat'a dayanıklı	<i>Nit</i> mutant sayısı	<i>Nit</i> mutantların fenotipleri		
				<i>nit 1</i>	<i>nit 3</i>	NitM
Koçarlı	KO-1	6	6	6	-	-
	KO-2	9	9	6	3	-
	KO-4	8	6	4	-	2
	KO-5	10	9	8	-	1
	KO-6	6	4	2	-	2
	KO-8	6	4	4	-	-
	KO-9	5	5	3	2	-
	KO-10	5	5	5	-	-
	KO-12	2	-	-	-	-
	KO-17	-	-	-	-	-
	KO-18	-	-	-	-	-
	KO-19	8	6	6	-	-
	KO-20	7	6	6	-	-
	KO-25	5	5	4	1	-
	KO-27	10	8	2	-	6
	KO-28	6	6	6	-	-
	KO-32	10	10	6	-	4
	KO-34	5	5	5	-	-
	KO-36	3	3	3	-	-
	KO-38	10	8	2	6	-
KO-42	-	-	-	-	-	
Çine	CN-1	3	3	3	-	-
	CN-2	10	9	6	-	3
	CN-4	8	8	4	-	4
	CN-5	8	6	6	-	-
	CN-6	4	4	4	-	-
	CN-11	6	6	2	-	4
	CN-13	10	10	10	-	-
	CN-20	7	6	6	-	-
	CN-22	-	-	-	-	-
	CN-24	6	5	-	-	5
	CN-25	3	3	3	-	-
	CN-28	8	6	4	-	2
	CN-30	9	6	4	-	2
	CN-32	5	4	4	-	-
	CN-33	-	-	-	-	-
CN-34	4	-	-	-	-	

Çizelge 4.13. İlçelere göre *Fon* izolatlarından elde edilen *nit* mutantlar ve fenotipleri (devamı)

İlçe	İzolat nosu	Klorat'a dayanıklı	Nit mutant sayısı	Nit mutantların fenotipleri		
				nit 1	nit 3	NitM
Söke	SO-2	4	3	3	-	-
	SO-3	6	3	3	-	-
	SO-6	8	6	4	2	-
	SO-8	6	6	6	-	-
	SO-9	9	7	2	1	4
	SO-10	6	5	5	-	-
	SO-11	10	5	5	-	-
	SO-12	5	3	3	-	-
	SO-21	-	-	-	-	-
	SO-22	-	-	-	-	-
	SO-25	-	-	-	-	-
	SO-26	5	5	5	-	-
	SO-29	10	10	10	-	-
	SO-40	5	3	3	-	-
Bozdoğan	BD-1	-	-	-	-	-
	BD-7	6	6	6	-	-
	BD-11	10	8	2	-	6
	BD-12	10	6	6	-	-
	BD-16	2	1	1	-	-
	BD-17	4	4	4	-	-
	BD-20	2	-	-	-	-
Merkez	ME-1	6	6	2	-	4
	ME-2	-	-	-	-	-
	ME-3	3	3	3	-	-
	ME-4	6	6	3	-	3
	ME-5	6	-	-	-	-
	ME-6	5	4	4	-	-
Yenipazar	YP-1	4	-	-	-	-
	YP-4	5	2	2	-	-
	YP-5	-	-	-	-	-
	YP-12	2	2	2	-	-
Sultanhisar	SH-3	3	2	2	-	-
	SH-8	-	-	-	-	-
	SH-12	2	1	1	-	-
İncirliova	IO-1	6	5	3	-	2
Nazilli	NA-1	6	6	2	-	4

Aydın ilinden elde edilen 73 *Fon*'un tek spor izolatlarının 56'sından farklı fenotiplerde *nit* mutantlar elde edilmiştir. Bu 56 izolatın VCG gruplarının saptanması amacıyla tester izolatlarla eşleştirme çalışmalarına geçmeden önce farklı fenotipte *nit* mutantlara sahip 21 *Fon* izolatı kendi içerisinde self kompatibilite (kendine uyumluluk) yönünden eşleştirilerek testlenmiştir. Bu denemede her bir izolatın farklı fenotipteki *nit* mutantları, minimal ortam üzerinde karşılaştıkları yerde yoğun bir havai miselyum hattı görünümünde heterokaryon oluşturduklarından kendi aralarında birbirleriyle tam uyumlu bulunmuşlardır (Şekil 4.13).

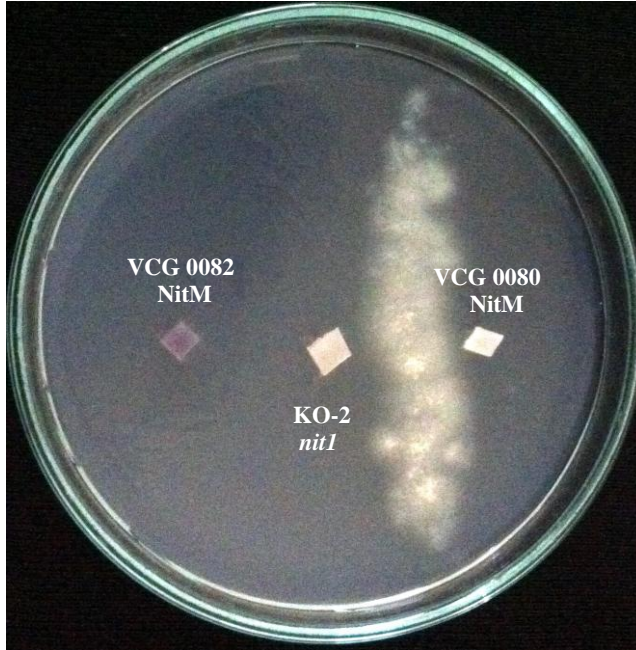


Şekil 4.13. SO-9 (a) ve KO-27 (b) izolatların farklı *nit* mutantları arasında eşleştirme sonucu oluşan heterokaryosis

4.9.2. *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* İzolatlarının Vejetatif Uyum Grupları (VCG)

Aydın ili karpuz üretim alanlarından bu çalışma kapsamında izole edilen ve tek sporları elde edilen 73 *Fon* izolatının farklı fenotiplerde *nit* mutantlara sahip 56 adet izolatının (Çizelge 4.13.) vejetatif uyum gruplarını (VCG) belirlemek üzere eşleştirme testleri yapılmıştır. Ancak diğer 17 *Fon* izolatından mutant elde edilemediğinden eşleştirme yapılamamış ve VCG grupları belirlenememiştir. 56 adet izolatın *nit* mutantlarından *nit1* veya *nit3*, vejetatif uyum grubu belirtilmiş (VCG 0080 ve VCG 0082) referans *Fon* izolatlarının NitM mutanlığı ile eşleştirilmiştir (Şekil 4.14). Puhalla (1985)'nin da belirttiği gibi eşleştirme testinde; vejetatif olarak uyumlu *nit* mutantlar minimal ortamda birbiri ile temas

ettiğinde anastomosis gerçekleşmiş ve temas ettiği kısımda havai misel gelişimi görülmüş yani aralarında heterokaryon oluşturmuşlardır. Bu oluşum sonucu da iki izolatın mutantlarının vejetatif olarak uyumlu ve aynı VCG grubuna ait olduğuna karar verilmiştir (Şekil 4.14). Eşleştirmelerde VCG 0080 ve VCG 0082 grubuna dahil referans izolatların NitM fenotipi kullanılırken, Çine ilçesine ait CN-24 izolatından sadece NitM elde edilmesi nedeniyle bu izolat, tester izolatların *nit1* mutantları ile eşleştirilmiştir.



Şekil 4.14. VCG 0080 ve VCG 0082 grubuna ait referans izolatlarla eşleştirilen KO-2 kodlu *Fon* izolatının VCG 0080 ile oluşturduğu heterokaryosis

56 *Fon* izolatı içinde VCG çeşitliliğini belirlemek amacıyla yapılan eşleştirme çalışmaları sonucunda üç farklı vejetatif uyum grubu saptanmıştır (Çizelge 4.14.). Bunlardan 28'i VCG 0080 grubuna, 13'ü VCG 0082 grubuna ait olduğu bulunmuştur. Kalan *Fon* 15 izolatına ait *nit* mutantları birbirleri ile eşleştirildiğinde güçlü bir heterokaryosis oluşturduğu için hepsinin aynı VCG grubuna dahil olduğu saptanmıştır. Ancak VCG grubu belirlenemeyen bu 15 *Fon* izolatının VCG grubunun Larkin vd. (1990)'nin *Fon* izolatları içerisinde belirledikleri VCG 0081 veya Zhou ve Everts (2007)' in bildirdikleri VCG 0083 grubuna ait olabileceği gibi, bilinen VCG gruplarının dışında beşinci ve yeni bir grupta olabileceği düşünülmüştür. Çalışmamız sonucu Aydın ilinde VCG 0080,

VCG 0082 ve bir diğerk farklı grup olarak 3 VCG grubu saptanmıştır. Ülkemizde bu konuda yapılan tek bir çalışmada ise Kurt vd. (2007) Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde *Fon*'un 4 farklı VCG grubunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında elde ettiğimiz *Fon* izolatlarının %50 sinin VCG 0080 grubuna, %23.2'sinin VCG 0082 grubuna, %26.8'inin diğerk VCG grubuna ait olduğu hesaplanarak, Aydın ilçelerinde en yaygın VCG grubunun VCG 0080 olduğu belirlenmiştir.

Aydın ve ilçelerinden elde edilen izolatların vejetatif uyum gruplarının ilçelere göre dağılımlarına bakıldığında (Çizelge 4.14.) vejetatif uyum grubu saptanan izolatlardan Koçarlı ilçesine ait 17 izolatın 9'u VCG 0080'e, 3'ü VCG0082'ye, 5'i ise diğerk VCG grubuna, Çine ilçesine ait 13 izolatın 5'i VCG0080'e, 4'ü VCG0082'ye, 4' ü de diğerk VCG grubuna ait bulunmuştur. Karpuz üretimi yüksek olan ilçelerimizden Söke ilçesinde 11 izolatın 8'i VCG 0080'e, 1'i VCG0082'ye, 2'si diğerk VCG grubuna, Bozdoğan ilçesinde ise 5 izolatın 3'ü VCG 0080'e, 2'si VCG0082'ye dahil edilmiştir. İzolat sayıları az olan ilçelerimizden Merkez ilçesine ait 4 izolatın 2'si VCG0080'de, 1'i VCG0082'de, 1'i diğerk VCG grubunda, Yenipazar ilçesine ait 2 izolatın 1'i VCG0080'de, 1'i diğerk VCG grubunda, Sultanhisar ilçesine ait 2 izolatın 1'i VCG0082'de, 1'i diğerk VCG grubunda yer almıştır. Sadece birer izolatı olan ilçelerden Nazilli izolatının diğerk VCG grubuna, İncirliova izolatının ise VCG 0082 grubuna ait olduğu saptanmıştır.

Vejetatif uyum grupları içerisindeki *Fon* izolatlarının ırk dağılımları incelendiğinde ise VCG 0080 grubuna dahil izolatlardan 7'si Irk 0, 6'sı Irk 1, 15'i Irk 2, VCG 0082 grubuna dahil izolatlardan tamamı Irk 1, diğerk VCG grubuna dahil izolatlardan 8'i Irk 0, 3'ü Irk1, 4'ü Irk 2 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.14. *Fon* izolatlarının elde edildiği ilçeler, bu izolatların ırkları ve vejetatif uyum gruplarına göre dağılımı

İlçeler	VCG0080		VCG0082		VCG Diğer	
	İzolot No	İrk No	İzolot No	İrk No	İzolot No	İrk No
Koçarlı	KO-9	0	KO-8	1	KO-1	0
	KO-10	0	KO-20	1	KO-6	0
	KO-25	0	KO-28	1	KO-36	0
	KO-19	1			KO-5	1
	KO-34	1			KO-32	1
	KO-2	2				
	KO-4	2				
	KO-27	2				
	KO-38	2				
Çine	CN-30	1	CN-1	1	CN-28	0
	CN-2	2	CN-4	1	CN-11	2
	CN-5	2	CN-24	1	CN-20	2
	CN-6	2	CN-32	1	CN-25	2
	CN-13	2				
Söke	SO-2	0	SO-8	1	SO-10	0
	SO-3	0			SO-12	2
	SO-26	1				
	SO-6	2				
	SO-9	2				
	SO-11	2				
	SO-29	2				
	SO-40	2				
Bozdoğan	BD-16	1	BD-7	1		
	BD-17	1	BD-11	1		
	BD-12	2				
Merkez	ME-6	0	ME-3	1	ME-4	1
	ME-1	2				
Yenipazar	YP-12	0			YP-4	0
Sultanhisar			SH-12	1	SH-3	0
İncirliova			IO-1	1		
Nazilli					NA-1	0

Larkin vd. (1990) farklı ülkelerden elde edilen 250 adet *Fon* izolatının 3 farklı VCG grubundan (VCG 0080, VCG 0081, VCG 0082) birinde yer aldığını belirlemişlerdir. Bu izolatların Irk 1 veya Irk 2'e ait olduklarını, VCG 0080'in Irk 1 izolatlarını, VCG 0081'in ise sadece bir eyaletten elde edilen Irk 1 izolatlarını içerdiğini bulmuşlardır. VCG 0082'nin ise tüm karpuz çeşitlerinde ciddi solgunluğa neden olan sadece Irk 2 izolatlarını içerdiğini saptayan araştırmacılar ırklar ile VCG ler arasında bir korelasyonun olduğunu ileri sürmüşlerdir. Çalışmamızda da elde ettiğimiz verilere göre VCG 0082 grubuna ait izolatların tamamının Irk 1 oluşu ırklar ile VCG grupları arasında bir ilişki olasılığını kuvvetlendirmekle birlikte VCG 0080 ve diğer VCG grubunun her birinde yer alan izolatların farklı ırklara ait olması ise bir korelasyon olmadığını göstermektedir. Ülkemizin Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde yapılan bir araştırmada Irk 2 izolatlarının tek bir grup içinde Irk 0 ve Irk 1 izolatlarının farklı gruplar içerisinde yer aldığı belirtilmiştir (Kurt vd., 2007).

Zhou ve Everts (2007) ise ABD' nin Delaware ve Maryland eyaletlerinden elde ettikleri 88 adet *Fon* izolatından 74'ünün VCG gruplarını belirleyerek bunların VCG 0080, VCG 0082 ve VCG 0083 grupları altında toplandığını kaydetmişlerdir. Bu izolatların 41'inin VCG 0080'de yer aldığını saptayarak bunun en çok yaygınlık gösteren grup olduğunu bildirmişlerdir. 27 izolatın VCG 0082'ye ait olduğunu, 6'sının ise yeni bir VCG grubunda (VCG 0083) yer aldığını belirlemişlerdir. VCG 0080 izolatları arasından 8'i Irk 0, 21'i Irk 1 ve 12'si Irk 2 iken, VCG 0082 izolatlarından 6' si Irk 0, 11'i Irk 1, 10' u Irk 2 olarak saptanmıştır. VCG 0083 izolatlarının hepsi Irk 2 olarak belirlenmiştir. Zhou ve Everts bu araştırmaları sonucu, Larkin vd. (1990) savunduğu ırklarla VCG'ler arasında bir korelasyon olduğu düşüncesinin aksine; bir VCG içerisinde birden fazla ırk olabileceğini ayrıca birden fazla VCG grubunun aynı bitkiden ya da aynı tarladan izole edilebileceğini bildirmişlerdir.

4.10. Karpuz Çeşitlerinin *Fon*'a Karşı Reaksiyonları

Aydın ilinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan beş ticari karpuz çeşiti Crimson Sweet, Crimson Tide, Galaxy, Wonder ve Anthem F1'in, farklı *Fon* ırkı izolatlarına karşı reaksiyonları ölçülmüştür. Sararma ve solgunluk belirtileri de izlenen karpuz çeşitlerinin duyarlılıklarını ortaya koymak için yapılan hastalık değerlendirmesinde bitkilerin iletim demetlerinde oluşan kahverengileşmenin boyuna uzunlukları ölçülerek elde edilen hastalık yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Test edilen çeşitler, *Fon* izolatları arasından belirlenen her bir ırka ait en yüksek ve en düşük virülensliğe sahip yerel izolatlarla ve referans izolatlarına karşı farklı oranlarda reaksiyonlar vermişlerdir.

Bu sonuçlara göre yerel Irk 0 izolatları arasında en saldırgan olarak bulunmuş olan SO-25 izolatu, karpuz çeşitleri üzerinde %24.67 ile %49 arasında değişen oranlarda hastalık meydana getirmiştir. En yüksek hastalık şiddeti (%49) Crimson Sweet çeşidinde, en düşük hastalık şiddeti (%24.67) ise Galaxy çeşidinde elde edilmiştir. Ancak bu iki çeşitten ve test edilen diğer karpuz çeşitlerinden elde edilen hastalık şiddeti değerleri arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. Irk 0'in en virüent izolatu olan SO-25'in bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Galaxy	24.67	a*
Anthem F1	31.00	a
Wonder	31.00	a
Crimson Tide	33.33	a
Crimson Sweet	49.00	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).

Çalışmada yerel Irk 0 izolatları arasında en düşük saldırganlığa sahip olan KO-1 izolatı, tüm çeşitlerde SO-25 izolatına göre daha düşük düzeyde hastalığa neden olmuştur. Bu izolatın en çok hastalandırıldığı çeşitler %26.67' lik ortalama hastalık şiddeti ile Anthem F1 ve Crimson Sweet çeşitleri olmuştur (Şekil 4.15.). Diğer çeşitlerdeki ortalama hastalık şiddeti değerleri %4.33 ile %11 arasında değişmiş olup, istatistiki olarak da daha az duyarlı olarak belirlenmişlerdir (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. Irk 0'ın en düşük virülensliğe sahip izolatı olan KO-1'in bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Crimson Tide	4.33	b*
Wonder	9.00	b
Galaxy	11.00	b
Anthem F1	26.67	a
Crimson Sweet	26.67	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).



Şekil 4.15. KO-1 izolatının sırasıyla Anthem F1 (a), Crimson Sweet (b), Crimson Tide (c), Wonder (d), Galaxy (e) karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık

Irk 1 izolatları arasında en virulent olarak belirlenmiş olan SH-12 izolatı, karpuz çeşitleri üzerinde %28.67 ile %77.67 arasında değişen oranlarda hastalığa neden olmuştur. Bu izolat için en yüksek ortalama hastalık şiddeti %77.67 olarak Crimson Sweet çeşidinde ölçülmüştür. Hastalık şiddetinin yüksek olarak

bulunduğu diğer çeşitler ise %51 ile Galaxy ve %49 ile Anthem F1 çeşitleri olmuştur. Crimson Tide ölçülen %28.67 değerindeki hastalık şiddeti ile en az hastalanan çeşit olurken bunu %35.33 ile Wonder çeşidi takip etmiştir. Bu değerler istatistiki olarak da Crimson Sweet'ten düşük olup, daha az duyarlı çeşitler olarak karşımıza çıkmaktadır. (Çizelge 4.17.)

Çizelge 4.17. Irk 1'in en virulent izolatu olan SH-12'nin bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Crimson Tide	28.67	b*
Wonder	35.33	b
Anthem F1	49.00	ab
Galaxy	51.00	ab
Crimson Sweet	77.67	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).

Virülensliği en düşük Irk 1 izolatu olan KO-17 çeşitlerde %17.67-55.33 arasında değişen değerlerde hastalık şiddetine neden olmuştur (Şekil 4.16.). En yüksek hastalık şiddeti Galaxy çeşidinden ölçülmüş ve bu değer diğer tüm çeşitlerden elde edilen değerlerden istatistiki olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur Diğer çeşitler arasında istatistiki bir fark olmamakla birlikte en yüksek hastalık şiddeti Galaxy' de (%55.33), en düşük ise Wonder çeşidinde (%17.67) belirlenmiştir (Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. Irk 1'in en düşük virülensliğe sahip izolatu olan KO-17'nin bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Wonder	17.67	b*
Crimson Tide	23.50	b
Anthem F1	26.50	b
Crimson Sweet	30.00	b
Galaxy	55.33	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).



Şekil 4.16. KO-17 izolatının sırasıyla Anthem F1 (a), Crimson Sweet (b), Crimson Tide (c), Wonder (d), Galaxy (e) karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık

En virulent Irk 2 izolatı olarak belirlenen SO-12, karpuz çeşitleri üzerinde %28.67 ile %62 arasında değişen oranlarda hastalığa neden olmuştur. Bu izolat için en yüksek hastalık şiddeti %62 olarak Crimson Tide çeşidinden elde edilmiştir. Wonder çeşidinden elde edilen %28.67'lik hastalık şiddeti tüm çeşitler arasında en düşük değer olup, istatistiki olarak da Crimson Tide'de ölçülen değerden düşük bulunmuştur (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Irk 2'nin en virulent izolatı olan SO-12'nin bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Wonder	28.67	b*
Anthem F1	35.67	b
Galaxy	40.00	ab
Crimson Sweet	44.33	ab
Crimson Tide	62.00	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).

Virülensliği en düşük Irk 2 izolatı olan CN-5'in çeşitlerde %20-53 arasında değişen değerlerde hastalık şiddetine neden olmuştur (Şekil 4.17.). En yüksek hastalık şiddeti Galaxy çeşidinden elde edilmiş ve bu değer diğer tüm çeşitlerden

elde edilen değerlerden istatistiki olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Diğer çeşitlerde aralarında istatistiki olarak önemli fark çıkmamakla birlikte en düşük hastalık şiddeti Wonder'de ölçülmüştür (Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.20. Irk 2'nin en düşük virülensliğe sahip izolatu olan CN-5'in bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Wonder	20.00	b*
Crimson Sweet	22.33	b
Anthem	24.67	b
Crimson Tide	31.33	b
Galaxy	53.00	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).



Şekil 4.17. CN-5 izolatinın sırasıyla Anthem F1 (a), Crimson Sweet (b), Crimson Tide (c), Wonder (d), Galaxy (e) karpuz çeşitlerinde oluşturduğu hastalık

Çizelgelerde de görüldüğü gibi üç *Fon* ırkında virülensliği yüksek olan yerel izolatlar genel olarak çeşitlerin tümünde virülensliği düşük olan izolatlara göre daha yüksek düzeyde hastalığa neden olmuşlardır. Aydın'dan elde edilen izolatlara karşı reaksiyonları ölçülen ve değerlendirilen bu beş karpuz çeşidinin duyarlılığını daha iyi analiz etmek ve yorumlamak için virülensliği yüksek olan yerel izolatlar

ile referans izolatlar her bir karpuz çeşidinden elde edilen hastalık şiddeti verileri yönünden karşılaştırmalı olarak SPSS istatistik programında analiz edilmişlerdir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre; yerel Irk 0 izolatu ile referans Irk 0 izolatu arasındaki varyasyon ve çeşit x izolat interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Buna göre çeşitlerden elde edilen ortalama hastalık şiddeti değeri %23.33 ile %41.33 arasında değişmiştir. En düşük hastalık şiddeti (%23.33) Wonder çeşidinden elde edilirken bu çeşidi Anthem F1 çeşidi (%24.33) izlemiştir. Ancak çeşitlerin tümünden elde edilen hastalık şiddeti değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.21.).

Çizelge 4.21. Irk 0'a ait yerel izolat SO-25 ile Irk 0 referans izolatının bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Wonder	23.33	a*
Anthem F1	24.33	a
Crimson Tide	27.83	a
Galaxy	36.83	a
Crimson Sweet	41.33	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).

Irk 1 izolatlarında da Irk 0 izolatlarında olduğu gibi yerel Irk 1 izolatu ile referans Irk 1 izolatu arasında varyasyon ve çeşit x izolat interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Buna göre çeşitlerden elde edilen ortalama hastalık şiddeti değeri %41.17 ile %73.17 arasında değişmiştir. En yüksek hastalık şiddeti %73.17 olarak Crimson Sweet çeşidinden elde edilmiş ve bu değer diğer çeşitlerden elde edilenlerden önemli seviyede yüksek bulunmuştur. En düşük hastalık şiddeti (%41.17) Anthem F1 çeşidinden elde edilmiş olsa da bu değer Wonder, Galaxy, ve Crimson Tide çeşitlerinden elde edilen değerlerden istatistiki olarak önemli seviyede farklı bulunmamıştır (Çizelge 4.22.).

Çizelge 4.22. Irk 1'e ait yerel izolat SH-12 ile Irk 1 referans izolatının bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Anthem F1	41.17	b*
Wonder	44.17	b
Galaxy	46.50	b
Crimson Tide	48.60	b
Crimson Sweet	73.17	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).

Irk 2 izolatlarından elde edilen veriler ile yapılan varyans analizinde, yerel Irk 2 izolatı ile referans Irk 2 izolatı arasındaki ve çeşitler arasındaki varyasyon önemli bulunurken, çeşit x izolat interaksiyonu önemsiz bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Referans Irk 2 izolatının yerel Irk 2 izolatına göre daha virulent olduğu belirlenen bu çalışmada çeşitlerden elde edilen ortalama hastalık şiddeti değeri %59.83 ile %81 arasında değişmiştir. Genel olarak çeşitlerin tümü Irk 2'ye karşı Irk 0 ve Irk 1'e göre göreceli olarak daha duyarlı bir reaksiyon göstermişlerdir. En yüksek hastalık şiddeti, %81 olarak Crimson Tide çeşidinden elde edilmiştir. Bu çeşidi %76.6 hastalık şiddeti değeri ile Galaxy ve %72.17 ile Crimson Sweet izlemiştir. En düşük hastalık şiddeti ise %59.83 olarak Wonder çeşidinden elde edilmiş ve bunu %67.83 ile Anthem F1 çeşidi izlemiştir. Wonder çeşidindeki bu değer aynı zamanda Crimson Tide ve Galaxy çeşitlerinden elde edilen değerlerden istatistiki olarak önemli seviyede farklı bulunmuştur (Çizelge 4.23.).

Çizelge 4.23. Irk 2'ye ait yerel izolat SO-12 ile Irk 2 referans izolatının bazı karpuz çeşitleri üzerinde oluşturduğu hastalığın şiddeti

Çeşit	Ortalama Hastalık Şiddeti (%)	
Wonder	59.83	c*
AnthemF1	67.83	bc
Crimson Sweet	72.17	abc
Galaxy	76.60	ab
Crimson Tide	81.00	a

* Sütun içerisinde aynı harf ile ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan bir fark yoktur ($P \leq 0.05$).

İrklara karşı karpuz çeşitlerinin reaksiyonlarının belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmada kontroller hariç tüm bitkilerde çeşitli düzeylerde hastalık oluştuğu saptanmıştır. Elde edilen sayısal değerlere ve yapılan istatistiki analizlere göre yukarıda belirtildiği üzere her bir *Fon* ırkına karşı duyarlılıkları açısından çeşitler arasında çoğunlukla istatistiki olarak çok belirgin farklar olmamakla birlikte bazı çeşitlerin daha az veya daha çok duyarlı oldukları belirlenmiştir. Çeşitlerin tüm *Fon* ırklarına karşı reaksiyonlarını değerlendirdiğimizde Wonder çeşidinin daha az duyarlı bir reaksiyon sergilediği görülmektedir. Buna karşın Crimson Sweet çeşidi ise diğer çeşitlere göre genelde daha duyarlı olarak değerlendirilmiştir.

Yurt dışında ve ülkemizde *Fon*'a karşı çeşit reaksiyonların belirlendiği çalışmalarda çeşitler arasında yer alan Crimson Sweet bazı çalışmalarda hassas olarak değerlendirilmiştir. Nitekim Barnes (1972) Crimson Sweet çeşidini *Fon*'a karşı hassas olduğunu bildirirken Elmstrong ve Hopkins (1981) ise orta seviyede dayanıklı olarak nitelendirmişlerdir. Ioannou ve Poullis (1991) Kıbrıs'da dayanıklı bir çeşit olarak bildirdikleri Crimson Sweet'in yetiştirildiği alanlarda %37-70 oranlarında solgunluğun bulunduğu ifade etmişlerdir.

İrklar açısından değerlendirildiğinde Martyn (1987)'de Crimson Sweet çeşidinin İrk 0 ve İrk 1'e dayanıklı, İrk 2'ye karşı hassas olduğunu bildirmiştir.

Ülkemizde de karpuz çeşitlerinin *Fon* ırklarına karşı reaksiyonlarının belirlendiği bir araştırmada Crimson Sweet'in İrk 1'e karşı orta derecede dayanıklı, İrk 2'ye karşı ise duyarlı olduğu saptanmıştır (Filiz ve Turhan, 1991).

Çukurova Bölgesi'nde Yücel vd. (1999)'nin yaptıkları çalışmada Crimson Sweet'in 0 ve 1 nolu ırklara karşı orta derecede dayanıklı, İrk 2'ye karşı ise az dayanıklı olduğu bulunmuştur.

Yine aynı bölgeyi kapsayan Ay ve Erköç (2008)'in yürüttüğü bir çalışmada da Çukurova Bölgesi'nde yoğun olarak yetiştirilen 23 karpuz çeşidinin *Fon* ırklarına karşı reaksiyonları belirlenmiştir. Bu çeşitler arasında bulunan Crimson Sweet ve Crimson Tide'nin çalışmalar sonucunda İrk 0'a, ve İrk 1'e karşı yüksek dayanıklı, İrk 2'ye karşı da duyarlı olduğu saptanmıştır.

5. SONUÇ

Dünyada karpuz üretiminde oluşan verim kayıplarının en önemli nedenlerinden biri olarak gösterilen *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* adlı toprak kökenli fungal patojenin yol açtığı *Fusarium* solgunluğu, ülkemizde de karpuz üretim alanlarında yaygın olarak görülmekte ve bitkilerde dikkat çeken düzeyde kurumalara neden olmaktadır. Ülkemizin önemli karpuz üreticisi illeri arasında bulunan Aydın'da da karpuzlarda yaygın olarak kurumaların olduğu bilinmekle birlikte nedenleri arasında *Fon*'un rolünün ne olduğu net olarak ortaya konulmamıştır. Bu bakımdan çalışmanın ana hedeflerinden birisi olarak Aydın ve ilçelerindeki karpuz üretim alanlarında *Fon*'un oluşturduğu karpuz *Fusarium* solgunluğunun yaygınlığı ve yoğunluğu belirlenmiştir.

Karpuz *Fusarium* solgunluğunun kontrolünde birçok yöntem uygulansa ve önerilse de, dayanıklı çeşit kullanımı tüm dünyada en çok tercih edilen yöntemdir. Ancak *Fon*'un dört farklı fizyolojik ırkı bulunmakta olup, karpuz çeşitlerinin reaksiyonları bu ırklara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle dayanıklı çeşit kullanımının etkili olabilmesi için karpuz üretimi yapılacak alanlarda *Fon*'un hangi fizyolojik ırklarının var olduğunun bilinmesi ve üretimde kullanılacak karpuz çeşidinin buna göre seçilmesinde büyük yarar bulunmaktadır. Bundan dolayı çalışmamızda Aydın karpuz üretim alanlarından elde edilen *Fon* izolatlarının ırkları ile bunların ilçelere göre yaygınlığı belirlenmiş ve yörede tercih edilen ticari karpuz çeşitlerinin bu ırklara karşı reaksiyonları değerlendirilmiştir. Bunun yanısıra yöredeki *Fon*' un populasyon yapısının karakterizasyonu ile ilgili olarak izolatların vejetatif uyum grupları (VCG) tanımlanmış ve bu VCG'lerin ilçeler bazında dağılımı belirlenmiştir.

Karpuzlarda solgunluk ve kurumaların yaygınlığının belirlendiği Merkez, Çine, Koçarlı, Bozdoğan, Söke, Sultanhisar, Yenipazar, Nazilli, İncirliova ve Köşk ilçelerinde incelenen 132 tarladan 80'inde bu belirtilerin bulunduğu karpuz bitkileri saptanmıştır. Adı geçen ilçelerde hastalık yaygınlığı %45-100 arasında değişmiş olup solgunluk ve kuruma en yaygın olarak Koçarlı ilçesinde saptanmıştır.

Yapılan sorveylerde tarlalarda tipik solgunluk belirtisi sergileyen bitkilerden alınan toplam 470 bitki örneğinde laboratuvarında izolasyon çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen izolatlardan kültürel ve morfolojik özelliklerine göre. *Fusarium* spp.

olarak ayrılan 185 izolatin patojenisite testleri ve tanılama çalışmaları sonucu 73'ü net bir şekilde *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* olarak tanılanmıştır.

Fon izolatlarının ilçelere göre dağılımı yapıldığında en fazla *Fon* izolatu (21 adet) Koçarlı ilçesinden elde edilirken, karpuz üretiminde ilk sırada bulunan Çine 16 *Fon* izolatu ile ikinci sırada yer almıştır. Bu ilçeleri sırası ile Söke (14 adet), Bozdoğan (7 adet), Merkez (6 adet), Yenipazar (4 adet) ve Sultanhisar (3 adet) takip etmiştir. İlçeler arasında en az *Fon* izolatu birer izolat ile İncirliova ve Nazilli ilçelerinden elde edilmiştir.

Aydın ilinde yaygınlığı belirlenen kuruma ve solgunlukların nedenlerinden biri olan *Fon*'un oluşturduğu karpuz *Fusarium* solgunluğunun yoğunluğu 1000 tonun üzerinde üretimi olan ilçelerde saptanmıştır. *Fon*'un saptandığı 45 tarlada hastalık yoğunluğu %0.17-12 arasında değişmekte olup, en yüksek yoğunluk Çine ilçesinde yer alan bir üretim alanında belirlenmiştir.

Aydın ve ilçelerinden elde edilen 73 *Fon* izolatinın iklim odası koşullarında ayırıcı karpuz çeşitleri (Sugar Baby, Charleston Gray, Calhoun Gray ve PI-296341-FR) üzerinde neden olduğu sararma, solma veya ölüm üzerinden yapılan değerlendirmelere göre 3 ırkı bulunmuştur. Aydın'dan elde edilen 73 *Fon* izolatından, 21 izolat Irk 0, 27 izolat Irk 1, 25 izolat Irk 2 olarak belirlenmiştir. Test edilen izolatlar arasında Irk 3'e rastlanmamıştır.

Çalışmamızda tek sporları elde edilen 73 *Fon* izolatından farklı fenotiplerde *nit* mutantlara sahip 56'sının yapılan eşleştirme testleri sonucu vejetatif uyum grubu (VCG) çeşitliliği belirlenmiştir. Bu izolatlardan 28'inin VCG 0080 ile, 13'ünün VCG 0082 ile uyumlu olduğu bulunmuştur. Kalan *Fon* 15 izolatin ise bir başka VCG grubuna dahil olduğu saptanmıştır. Vejetatif uyum grupları içerisindeki *Fon* izolatlarının ırk dağılımları ise VCG 0080 grubuna dahil izolatlardan 7'si Irk 0, 6'sı Irk 1, 15'i Irk 2, VCG 0082 grubuna dahil izolatlardan tamamı Irk 1, diğer VCG grubuna dahil izolatlardan 8'i Irk 0, 3'ü Irk1, 4'ü Irk 2 olarak tespit edilmiştir.

Aydın ilinde yaygın olarak üretilen beş ticari karpuz çeşiti Crimson Sweet, Crimson Tide, Galaxy, Wonder ve Anthem F1 Aydın'dan izole edilen *Fon* izolatları arasından her bir ırka ait en yüksek ve en düşük virülensliğe sahip altı izolata karşı farklı oranlarda reaksiyonlar vermişlerdir. Çeşitler arasında Wonder

çeşidi ırklara karşı en az duyarlı çeşit olarak değerlendirilirken Crimson Sweet çeşidi ise en hassas çeşit olarak yorumlanmıştır. Ancak in vitro koşullarda *Fon*'a karşı karpuz çeşitlerinde saptanan bu reaksiyonların bir kez de doğal koşullarda doğrulanması daha net ve sağlıklı sonuçlara ulaşılması açısından önemlidir.

Karpuzda *Fusarium solgunluğu* hastalığının savaşımına yönelik olarak dayanıklı karpuz çeşitlerinin arayışı bu çalışmada öncelikle üretimde tercih edilen ve agronomik değerleri yüksek çeşitler arasında yapılmıştır. Ancak bu konudaki çalışmalar sadece bu karpuz çeşitleri ile sınırlı kalmamalıdır. Nitekim kalite ve verim değerlerine bakılmaksızın bulunabilecek herhangi bir dayanıklı genotip bu hastalığa karşı dayanıklı çeşit ıslahında gen kaynağı olarak değerlendirilebilir. Ayrıca Aydın yöresinde Irk 3 saptanmamış olsa bile ileride Irk 3'ün de bu yöreye bulaşabileceği varsayımı ile dayanıklı çeşit eldesine yönelik çalışmalarda mevcut ırklar yanında çok saldırgan ırk olan Irk 3'e de yer verilmesinde yarar bulunmaktadır.

Aydın ve ilçelerinde bulunan karpuz üretim alanlarında *Fon*'un en saldırgan ırkı olan Irk 3'e rastlanmamış olması karpuz üretimindeki kayıpların daha da yükselmemesi açısından önemlidir. Ancak daha duyarlı karpuz çeşitlerinin üretimi ve etmen için uygun koşullar mevcut ırkların günümüzde oluşturduğu zararın artması ihtimalini güçlendirmektedir.

Yapılan sörveyler sırasında karpuzda solgunluk hastalığının bulunmadığı üretim alanlarının varlığı üretici açısından sevindirici bir durum olsada bu alanlarda yapılan herhangi bir hata hastalık etmeninin temiz alanlara bulaşmasına ve hızla yayılmasına neden olacaktır. Özellikle solgunluk hastalığının görülmediği üretim alanlarında kullanılacak olan tohum ve fide gibi üretim materyallerinin hastalıktan arı olduğundan emin olmak adına sertifikalı ürünlerin kullanılması birinci derecede önem arz etmektedir. Ayrıca *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*'un toprak kaynaklı olması bu hastalık etmeninin tarımsal faaliyetler sırasında bulaşık toprakla birlikte kolaylıkla temiz alanlara taşınabileceğini göstermektedir. Bu nedenle tarlada üretim sırasında kullanılan çapa aletinden traktörün parçalarına kadar tüm araç ve gereçlerin temizliğine özen gösterilmelidir. Aynı zamanda karpuz üretim alanlarında sıkça karşılaştığımız ve hastalığın geniş alanlara yayılmasında önemli bir faktör olan karıkla sulama işleminin yerine damla sulama sistemi tercih edilmeli ve kullanılan sulama suyunun temizliğine dikkat edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Adams, S. 1994. That gray melon from Charleston. **Agricultural Research** 42(10), 23-25.
- Akdoğan, M. 1969. Research on the chemical control method against wilt disease (*Fusarium* spp.) occurring in melons and watermelons. **Plant Protection Bulletin** 9:123-128.
- Anonim, 2009. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/>. Erişim Tarihi:01.06.2010.
- Anonim, 2013. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/>. Erişim Tarihi:10.06.2014.
- Anonymous, 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://www.fao.org/>. Erişim Tarihi:10.06.2014.
- Atkinson, G. F. 1892. Some diseases of cotton. **Ala Agric. Exp. Sta. Bul.** 41, pp 19-29.
- Ay, T., Erkılıç, A.. 2008. Çukurova’da karpuz *Fusarium* solgunluğu etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*’un ırklarının ve bu ırklara karşı bazı karpuz çeşitlerinin reaksiyonlarının belirlenmesi. **Bitki Koruma Bülteni** 48(1):49-58.
- Baayen, R. P., O’Donnell K., Bonants P. J. M., Cigelnik, E., Kroon, L. P., Roebroek E. J. A., Waalwijk, C. 2000. Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. **Phytopathology** 90: 891-900
- Barnes, G. L. 1972. Differential pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* to certain wilt resistant watermelon cultivars. **Plant Disease Rep Journal** 56 (12): 1022-26.

- Bates, D. M., Robinson, R. W. 1995. Cucumbers, melons and water-melons. In: Evolution of Crop Plants (Smartt J., Simmonds, N.W., Eds.), 2nd Edn. Longman Scientific, pp.89-96, Harlow, Essex, UK.
- Beckman C. H., 1987. The nature of wilt diseases of plants. American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, USA.
- Biles, C. L., Martyn, R. D. 1989. Local and systemic resistance induced in watermelons by formae speciales of *Fusarium oxysporum*. **Phytopathology** 79:856-860.
- Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England.: Commonwealth Myco!. Inst. 237 pp.
- Bora, T., Özkut, A. 1972. A preliminary survey on the occurrence of *Fusarium* wilt of watermelon in Ege Region of Turkey. **The Journal of Turkish Phytopathology** 1:33-38.
- Bora, T., Yıldız, M., Özaktan, H. 1994. Effect of Fluorescent *Pseudomonas* on *Fusarium* wilt of watermelon. **The Journal of Turkish Phytopathology** 23 (1):19-25.
- Boyhan, G. E., Langston, D. B., Lewis P. M., Linton M. O. 2001. Use of an insulin syringe for *Fusarium* wilt inoculation of watermelon germplasm. **The Cucurbit Genetics Cooperative** 24:49-51.
- Bruton, B. D., Patterson, C. L., Martyn, R. D. 1988. *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* race 2) of watermelon in Oklahoma. **Plant Disease** 72:734.
- Bruton, B. D., Fish, W.W., Langston, D. B. 2008. First report of *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* Race 2 in Georgia watermelon. **Plant Disease** 92(6):983.

- Burger Y., Katzir N., Tzuri G., Portnoy V., Saar U., Shriber S., Perl-Treves R., Cohen R. 2003. Variation in the response of melon genotypes to *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* race 1 determined by inoculation tests and molecular markers. **Plant Pathology** 52:204-211.
- Cirulli, M. 1972. Variation of pathogenicity in *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and resistance in watermelon cultivars. **Actas Congr. Un. Fitopathol. Mediter. Oeiras**, 3rd. p. 491-500.
- Correll, J. C., Klittich, C. J. R., Leslie, J. F. 1987. Nitrate nonutilizing mutants of *Fusarium oxysporum* and their use in vegetative compatibility tests. **Phytopathology** 77:1604-1646.
- Correll, J. C. 1991. The relationship between formae speciales, races, and vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*. **Phytopathology** 81:1061-1064.
- De Cal, A., Szejnberg A., Sabuquillo P., Melgarejo P., 2009. Management *Fusarium* wilt on melon and watermelon by *Penicillium oxalicum*. **Biological Control** 51: 480-486.
- Ebbole, D., Sachs, M. S. 1990. A rapid and simple method for isolation of *Neurospora crassa* homokaryons using microconidia. **Fungal Genetic News Letters** 37:17-18.
- Egel, D. S., Hafikrishnan, R., Martyn, R. 2005. First report of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* race 2 as causal agent of Fusarium wilt of watermelon in Indiana. **Plant Disease** 89:108.
- Egel, D. S., Martyn, R. D. 2007. Fusarium wilt of watermelon and other cucurbits. **The Plant Health Instructor** DOI: 10.1094/PHI-I-2007-0122-01.
- Ellul, P., Lelivelt C., Naval, M. M., Noguera, F. J., Sanchez, S., Atarés A., Moreno, V., Corella, P., Dirks, R. 2007. Transgenic Crops V. In: Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 60. (Pua, E.C., Davey, M.R, Eds.). Springer-Verlag, pp.129-156, Berlin Heidelberg .

- Elmstrom, G. W., Hopkins, D. L. 1981. Resistance of watermelon cultivars to *Fusarium* wilt. **Plant Disease** 65:825-827.
- Everts, K. L., Egel, D. S., Langston, D., Zhou, X. G. 2014. Chemical management of *Fusarium* wilt of watermelon. **Crop Protection** 66 114-119.
- Fernandez, D., Assigbetse, K., Dubois, M. P., Geiger, J. P. 1994. Molecular Characterization of Races and Vegetative Compatibility Groups in *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. **Applied and Environmental Microbiology** 60 (11):4039-4046.
- Ferreira, S. A., Boley, R. A. 1991. *Fusarium oxysporum* f.s.p. *niveum* wilt of watermelon. <http://www.extento.hawaii.edu/>
- Filiz, N., Turhan, G. 1991. Karpuzlarda *Fusarium* solgunluğu etmeninin reaksiyonları üzerinde araştırmalar. **VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi**, s649-655, İzmir.
- Fraser, P. D., Bramley P. M. 2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research** 43:228–265.
- Fravel, D., Olivain, C., Alabouvette, C. 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. **New Phytologist** 157 (3):493-502.
- Freeman, S., Zveibil, A., Vintal, H., Maymon, M. 2002. Isolation of nonpathogenic mutants of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* for biological control of *Fusarium* wilt in cucurbits. **Phytopathology** 92:164-168.
- Forsyth, L. M., Smith, L. J., Aitken, E. A. B., 2006. Identification and characterization of non-pathogenic *Fusarium oxysporum* capable of increasing and decreasing *Fusarium* wilt severity. **Mycological Research** 110: 929- 935.
- Garster, H., 1997. The potential role of lycopene for human health. **Journal of the American College of Nutrition** 16: 109-126.
- Gerlagh, M., and Blok, W. J. 1988. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucurbitacearum* n. f. embracing all formae speciales of *F. oxysporum* attacking cucurbitaceous crops. **Netherlands Journal of Plant Pathology** 94:17-31.

- Gonzalez-Torres, R., Melero-Vara, J., Gomez-Vazquez, J., 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 Pathology** 42:858-864.
- Gordon, T. R., Martyn R. D. 1997. The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. **Annual Review of Phytopathology** 35:111-128.
- Guner, N., Wehner., T. C. 2004. The Genes of Watermelon. **HortScience** 39 (6): 1175-1182.
- Hamed, E. R., Abdel-Sayed, M. H. F., Shehata, H. S. 2009. Suppression of Fusarium wilt of watermelon by biological and chemical control. **Journal of Applied Sciences Research** 5(10): 1816-1825.
- Harveson, R. M., Kimbrough, J. W., Hopkins, D. L. 2002. Novel use of a pyrenomycetous mycoparasite for management of Fusarium wilt of watermelon. **Plant Disease** 86:1025-1030.
- Himmelstein J. C., Maul J. E., Everts K. L. 2014. Impact of five cover crop green manures and actinovate on Fusarium wilt of watermelon. **Plant Disease** 98:7, 965-972.
- Hopkins, D. L., Elmstrom, G. W. 1976. Effect of soil pH and nitrogen source on Fusarium wilt of watermelon on land previously cropped in watermelons. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**. 89:141-143.
- Hopkins, D. L., Elmstrom, G. W. 1984. Fusarium wilt in watermelon cultivars grown in a 4-year monoculture. **Plant Disease** 64:129-131.
- Hopkins, D. L., Lobinske, R. J., Larkin, R. P. 1992. Selection for *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* race in monocultures of watermelon cultivars resistant to Fusarium wilt. **Phytopathology** 82:290-293.
- Ichielevich-Auster, M., Sneh, B., Koltin, Y., Barash, I. 1985. Suppression of damping off caused by *Rhizoctonia* spp., by nonpathogenic *R. solani*. **Phytopathology** 75: 1080–1084.

- Ioannou, N., Poullis, C.A. 1991. Fusarium wilt of resistant watermelon cultivars associated with a highly virulent local strain of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*. Tech. Bull. Cyprus Agric. Res. Inst. Nicosia 129.
- Karaca, İ., Qureshi S. H., 1979. Ege Bölgesinde karpuz fusarium solgunluğu etmeninin patojenisitesi, ırkları, hastalık ile makrobesin elementleri ve pektolitik enzim ilişkileri üzerinde araştırmalar. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Raporu (Proje No: TOAG-351).Ankara.
- Katan, T. 1999. Current status of vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*. **Phytoparasitica** 27(1):51-64.
- Keinath A. P., Hassell R. L. 2014. Suppression of Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* Race 2 on grafted triploid watermelon. **Plant Disease** 98:10, 1326-1332.
- Kistler, H. C. 1997. Genetic diversity in the plant-pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. **Phytopathology** 87: 474-479.
- Kistler, H.C., Alabouvette, C., Baayen, R.P., Bentley, S., Braythbrd, D., Coddington, A.,Correll, J., Daboussi, M.J., Elias, K., Fernandez, D., Gordon, T.R., Katan, T., Kim, H.G.,Leslie, J.E, Martyn, R.D., Migheli, Q., Moore, N.Y., O'Donnell, K., Ploetz, R.C., Rutherford,M.A., Summerell, B., Waalwijk, C. and Woo, S. 1998. Systematic numbering of vegetativecompatibility groups in the plant pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. **Phytopathology** 88:30-32.
- Koike, S.T., Subbarao, K.V., Davis R.M.,Turini T.A. 2003. Vegetable diseases caused by soilborne pathogens. ANR Puplication pp.8099.
- Kuniyasu, K. 1980. Seed transmission of Fusarium wilt of bottle gourd, *Lagenaria siceraria*, used as a root stock of watermelon. **Japan Agricultural Research Quarterly** 14:157-162.
- Kuniyasu, K. 1981. Seed transmission of *Fusarium* wilt of bottle gourd, *Lagenaria siceraria*, used as a root stock of watermelon. **Japan Agricultural Research Quarterly** 14:157-162.

- Kurt, Ş., Derviş, S., Soylu, E.M., Tok, F.M., Baran, B., Soylu, S., Yetişir, H. 2005. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde karpuz solgunluk hastalığı etmenlerinin yaygınlıkları ve patojenisiteleri. **Gap 4. Tarım Kongresi Bildirileri**, s1385–1388, Urfa.
- Kurt, S., Dervis, S., Soylu, E. M., Tok, F. M., Yetisir, H., Soylu, S. 2007. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinden elde edilen karpuz solgunluk patojeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* izolatlarının vejetatif uyum grubu (VCG) yöntemiyle genetik çeşitliliğinin belirlenmesi. **Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri**, s286, Isparta.
- Kurt, S., Dervis, S., Soylu, E. M., Tok, F. M., Yetisir, H., Soylu, S. 2008. Pathogenic races and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* in commercial watermelon fields in Southern Turkey. **Phytoparasitica** 36(2): 107-116.
- Kwon, Y. K., Om, Y. H. 1998. Identification and distribution of races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* on watermelon in Korea. **Cucurbit Genetics Cooperative Report** 21:33- 36.
- 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. **Canadian Journal of Microbiology** 36:352-358.
- Latin, R. X., Snell, S. J. 1986. Comparison of methods for inoculation of muskmelon with *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. **Plant Disease** 70:297-300.
- Leslie, J. F. 1993. Fungal vegetative compatibility. **The Annual Review of Phytopathology** 31:127-50.
- Leslie, J. F., Summerell, B. A. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. (Blackwell Publishing: Iowa, USA).
- Li, Z., C. Liu. 1990. A new fungicide - HDE and its application in controlling wilt disease of cucurbits. **Journal of Pest Science** 28: 413-418.

- Lü, G., Guo S., Zhang H., Geng L., Martyn R. D., Xu Y. 2014. Colonization of Fusarium wilt-resistant and susceptible watermelon roots by a green-fluorescent-protein-tagged isolate of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*. **Journal of Phytopathology** 162: 228–237.
- Martyn, R. D., McLaughlin, R. J. 1983. Effects of inoculum concentration on the apparent resistance of watermelon to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. **Plant Disease** 67:493-495.
- Martyn, R. D., Hartz T. K. 1986. Use of soil solarization to control Fusarium wilt of watermelon. **Plant Disease** 70:762-766.
- Martyn, R. D. 1987. *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* race 2: A highly aggressive race new to the United States. **Plant Disease** 71:233-236.
- Martyn, R. D., Bruton, B. D. 1989. An initial survey of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* races in the United States. **HortScience** 24:696-698.
- Martyn, R. D., Biles, C. L., Dillard, E. A. 1991. Induced resistance to Fusarium wilt of watermelon under field simulated field conditions. **Plant Disease** 75:874-877.
- Martyn, R.D., Netzer, D. 1991. Resistance to races 0, 1 and 2 of Fusarium wilt of watermelon in *Citrullus* sp. PI- 296341-FR. **HortScience** 26:429-432.
- Martyn, R. D. 1996. Fusarium wilt of watermelon. In: Compendium of Cucurbit Diseases. (Zitter, T.A., Hopkins, D. L., and Thomas C.E., Eds.), The American Phytopatological Society, pp. 13-14. St. Paul, MN.
- Martyn, R. D. 2012a. Fusarium wilt of watermelon: A historical review Cucurbitaceae 2012, Proceedings of the Xth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae (eds. Sari, Solmaz and Aras) Antalya (Turkey), October 15-18th.
- Martyn, R. D. 2012b. Kişisel görüşme. E-posta: rmartyn@purdue.edu
- Maynard, D.N., 2001. An introduction to the watermelon. ASHS Press, Alexandria, VA, USA.

- McKeen, C.D. 1951. Investigations of Fusarium wilt of muskmelons and watermelons in southwestern Ontario. **Scientia Agricola**. 31:413-423.
- McMillan, R. T. 1986. Cross pathogenicity studies with isolates of *Fusarium oxysporum* from either cucumber or watermelon pathogenic to both crop species. **Annals of Applied Biology** 109:101-105.
- 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 Phytopathologica Et Entomologica Hungarica** 37 (4), pp. 347–351.
- Miguel, A., Maroto, J.V., San Bautista, A., Baixauli, C., Cebolla, V. 2004. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of Fusarium wilt. **Scientia Horticulturae** 103, 9–17.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A., Marasas, W. E. O. 1983. *Fusarium* Species: An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, PA, USA.
- Netzer, D., Dishon, I. 1973. Screening for resistance and physiological specialization of *Fusarium oxysporum* in watermelon and muskmelon. Abstr. Second Int. Congr. **Plant Pathology** (Minneapolis, MN, USA), no. 941.
- Netzer, D. 1976. Physiological Races and Soil Population Level of Fusarium Wilt of Watermelon. **Phytoparasitica** 4 (2): 131-136.
- Netzer, D., Weintall, C. 1980. Inheritance of resistance in watermelon to race 1 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. **Plant Disease** 64:853-854.
- Netzer, D., Martyn, R. D. 1989. PI-296341, a source of resistance in watermelon to race 2 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. **Plant Disease** 73:518.
- Orton, W. A. 1907. On methods of breeding for disease resistance. **Proceedings of the Society for Horticultural Science** 5:28.
- Owen, J. H. 1955. Fusarium wilt of cucumber. **Phytopathology** 45:435-439.

- Qureshi, S. H., Yıldız, M. 1982. A study of pathogenicity and pathogenic races of *Fusarium* wilt of watermelon and the effect of macroelements nutrition of host on disease development in relation to the production of pectolytic enzymes. **Journal of Turkish Phytopathology** 11:15-32.
- Perkins, V. P. 2005. Watermelon and human health. **3rd International Cucurbit Symposium**, Townsville-Australia, 66.
- Pitrat, M., Chauvet M., Foury C. 1999. Diversity, history and production of cultivated cucurbits. In: Proc 1st Int Symp on Cucurbits. **Acta Horticulturae** 492:21–28.
- Puhalla, J. E. 1985. Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative incompatibility. **Canadian Journal of Botany** 63:179-183.
- Puhalla, J. E., Spieth, P. T. 1985. A comparison of heterokaryosis and vegetative incompatibility among varieties of *Gibberella jujikuroi* (*Fusarium moniliforme*) . **Experimental Mycology** 9:39--47.
- Robinson, R.W., Decker-Walters, D.S. 1997. Cucurbits. CAB International, New York. 226 pp.
- Sarı, N. 2006. Yazlık sebzeler ders notları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana.
- Schippers, B., Van Eck, W. H. 1981. Formation and survival of chlamydospores in *Fusarium*. In: *Fusarium Diseases, Biology and Taxonomy*, (Nelson, P.E., Toussoun, T.A. and Cook, R.J., Eds) pp. 250-260.
- Sherf, A. F., Macnab, A. A. 1986. Vegetable diseases and their control. John Wiley, Sons, Inc. 728 p. Second Edition.
- Smith, E.F. 1894. The watermelon disease of the South. **Proc. Am. Assoc. Adv. Sci.** 43:289-290.
- Sun, S.K., Huang, J.W. 1985. Formulated soil amendment for controlling *Fusarium* wilt and other soilborne diseases. **Plant Disease** 69:917-920.

- Şeniz, V., Özgür M., Sivritepe Ö., Özer, M. H. 1995. Sebzeçilik, Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir.
- Tran-Nguyen, L. T. T., Condé, B. D., Smith, S. H., Ulyatt, L. I. 2013. Outbreak of Fusarium wilt in seedless watermelon seedlings in the Northern Territory, Australia. **Australasian Plant Dis. Notes** 8:5-8
- Tuna, A. L., Özer, Ö. 2005. Farklı kalsiyum bileşiklerinin karpuz (*Citrullus lanatus*) bitkisinde verim, beslenme ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. **Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi**, 42(1):203-212.
- Tziros, G. T., Lagopodi, A.L., Tzavella-Klonari, K. 2007. Reduction of Fusarium wilt in watermelon by *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 and *Pseudomonas fluorescens* WCS365. **Phytopathologia Mediterranea** 46(3): 320-323.
- Wang, M., Zhang, X. 1988. Evaluation and utilization of the valuable Africa watermelon germplasm. **Fruit Science** 5(3):109-115.
- Watanabe, T. 2002. Historical Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2nd Edition.
- Wehner, T.C. 2008. Watermelon In: Prohens J. and Nuez F. (eds.) Handbook of 135 Plant Breeding; Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae. Springer Science+Business LLC, New York, NY, 381-418.
- Wehner, T.C. 2010. Watermelon crop information. North Carolina State University. Raleigh, NC.
- Whitaker, T.W., Bemis, W.B., 1976. Cucurbits. In: Evolution of crop plants (Simmonds, N.W., Eds.), pp.64-69, Longman, London.
- Xuwei, Z., Xuesen, H., Qinsheng, G., DingLiang, J., Li, N. 1995. A Preliminary report on screening the resistance of watermelon varieties to Fusarium wilt. **Acta Horticulturae (ISHS)** 402:45-47.

- Vural H., D. Eşiyok, İ. Duman, 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme), Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Yetişir, H., Sarı N., Yücel, S. 2003. Rootstock resistance to *Fusarium* Wilt and effect watermelon fruit yield and quality. **Phytoparasitica** 31(2):163-169.
- Yetişir, H., Kurt, S., Sarı, N., Tok, F. M. 2007. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, graft compatibility, and resistance to *Fusarium*. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 31: 381-388.
- Yücel, S., Pala, H., San, N., Abak, K. 1999. Determination of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* races in the Eastern Mediterranean Region of Turkey and response of some watermelon genotypes. **Acta Horticulturae** 492:349-353.
- Zhou, X.G., Everts, K.L. 2001. First report of the occurrence of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* race 2 in commercial watermelon production areas of Maryland and Delaware. **Plant Disease** 85:1291.
- Zhou, X.G., Everts, K.L. 2003. Races and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* in commercial watermelon fields in Maryland and Delaware. **Plant Disease** 87:692-698.
- Zhou, X.G., K.L. Everts. 2004. Suppression of *Fusarium* wilt of watermelon by soil amendment with hairy vetch. **Plant Disease** 88:1357-1365.
- Zhou, X. G., Everts, K. L. 2007. Characterization of a regional population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* by race, cross pathogenicity, and vegetative compatibility. **Phytopathology** 97:461-469.
- 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 Disease** 94:92-98.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK

Doğum Yeri ve Tarihi : ADANA, 08.02.1976

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Bitki Koruma Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Doktora Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Yüksek Lisans Tez Konusu: Aydın kestane üretim alanlarından elde edilen *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr izolatlarının virülensliklerinin ve bu yörede yaygın olarak üretilen kestane tipleri ile konukçusu olan bazı orman ağaçlarının bu etmene karşı reaksiyonlarının belirlenmesi üzerine çalışmalar.

Danışman: Prof. Dr. M. Timur DÖKEN

Doktora Tez Konusu: Aydın İli'nde Karpuz *Fusarium Solgunluğu* Hastalığının Yaygınlık ve Yoğunluğu, Etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* (Fon)'un Irkları, Vejetatif Uyum Grupları ve Bazı Karpuz Çeşitlerinin Etmene Karşı Reaksiyonları.

Danışman: Prof. Dr. M. Timur DÖKEN

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Makaleler

1. Erincik, B.G. and Döken, M.T. 2009. The Reactions Of Some Forest Tree Species And The Widely Grown Local Chestnut Genotypes Of Aydın Province/Turkey To *Cryphonectria Parasitica* (Murrill) Barr, The Causal Agent Of Chestnut Blight. *ISHS Acta Horticulturae*, 844, 355-360.

b) Bildiriler

-Uluslararası

1. Döken M.T. ,Erincik B.G. The reactions of some Forest tree Species and Widely Grow Local Chestnut Genotypes of Aydın Province/Turkey to *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr the causal agent of chestnut blight. IV. International Chestnut Symposium, Beijing-China, 27/09/2008.

-Ulusal

1. Döken, M.T., ve Erincik Geçioğlu, B. Aydın Yöresi kestanelerinde bazı orman ağaçları ile yaygın olarak üretilen kestane genotiplerinin kestane kanseri etmeni *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr'a karşı reaksiyonları. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, Isparta, 27/08/2007.

c) Katıldığı Projeler

1. Aydın kestane üretim alanlarından elde edilen *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr izolatlarının virülensliklerinin ve bu yörede yaygın olarak üretilen kestane tipleri ile konukçusu olan bazı orman ağaçlarının bu etmene karşı reaksiyonlarının belirlenmesi üzerine çalışmalar. Adnan Menderes Üniversitesi, ZRF-05013 No'lu araştırma projesi. Proje Çalışanı, 2004-2006.

2. Aydın İli'nde Karpuz *Fusarium Solgunluğu* Hastalığının Yaygınlık ve Yoğunluğu, Etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* (Fon)'un Irkları, Vejetatif Uyum Grupları ve Bazı Karpuz Çeşitlerinin Etmene Karşı Reaksiyonları. Adnan Menderes Üniversitesi, ZRF-12011 No'lu araştırma projesi. Proje Çalışanı, 2012-2014.

İŞ DENEYİMİ

- Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Ohio State Üniversitesi, Ohio, ABD, Araştırma Görevlisi, 1999-2002.
- : Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ordu Tarım İl Müdürlüğü, Ziraat Yüksek Mühendisi, 2007.
- : Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Öğretim Görevlisi, 2007- devam ediyor.

İLETİŞİM

- E-posta Adresi : bgerincik@adu.edu.tr
- Tarih : 27/02/2015