

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BAZI MAKARNALIK BUĞDAY (*Triticum durum* Desf.) ÇEŞİTLERİNİN SARI
PAS HASTALIĞINA KARŞI GENOTİPİK VE FENOTİPİK OLARAK
DAYANIKLILIĞININ BELİRLENMESİ**

Emre İPEK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BAZI MAKARNALIK BUĞDAY (*Triticum durum* Desf.) ÇEŞİTLERİNİN SARI
PAS HASTALIĞINA KARŞI GENOTİPİK VE FENOTİPİK OLARAK
DAYANIKLILIĞININ BELİRLENMESİ**

Emre İPEK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANSTEZİ

EKİM 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI MAKARNALIK BUĞDAY (*Triticum durum* Desf.) ÇEŞİTLERİNİN SARI
PAS HASTALIĞINA KARŞI GENOTİPİK VE FENOTİPİK OLARAK
DAYANIKLILIĞININ BELİRLENMESİ**

Emre İPEK
TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2020-5246 nolu proje ile desteklenmiştir.**

EKİM 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI MAKARNALIK BUĞDAY (*Triticum durum* Desf.) ÇEŞİTLERİNİN SARI
PAS HASTALIĞINA KARŞI GENOTİPİK VE FENOTİPİK OLARAK
DAYANIKLILIĞININ BELİRLENMESİ**

Emre İPEK
TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 08/10/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Taner AKAR (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet ZEYBEK

Doç. Dr. Hüseyin ÇANCI

ÖZET

BAZI MAKARNALIK BUĞDAY (*Triticum durum* Desf.) ÇEŞİTLERİNİN SARI PAS HASTALIĞINA KARŞI GENOTİPİK VE FENOTİPİK OLARAK DAYANIKLILIĞININ BELİRLENMESİ

Emre İPEK

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Taner AKAR

Ekim 2021; 29 sayfa

Bu çalışma ile ülkemizde tescil edilen ve milli çeşit listesinde bulunan 54 adet makarnalık buğday (*Triticum turdigum* var. *durum*) çeşidinin *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*'nin neden olduğu sarı pas hastalığına karşı dayanım gösterdiği bilinen *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* dayanıklılık genlerinin varlığı genetik düzeyde tanımlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışılan genetik materyallerin DNA'ları ekstrakte edilmiş ve PZR analizleri gerçekleştirilmiştir. Genetik analizler sonucunda 54 çeşidin hiçbirinde *Yr5* dayanıklılık geni bulunmazken 12'sinin *Yr10* ve 17'sinin *Yr15* dayanıklılık genine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunlara ek olarak 7 çeşidin hem *Yr10* hem de *Yr15* dayanıklılık genlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan çeşitlerin dayanımını belirlemek amacıyla 2019-2020 üretim sezonunda doğal epidemiy şartlarında arazi denemesi yürütülmüştür. Sonuç olarak, moleküler belirteç destekli seleksiyon ile sarı pasa dayanım gösteren genler etkinlikle tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçların makarnalık buğdayda sarı pasa dayanıklılık için yürütülecek ıslah programlarında yararlı olacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Makarnalık buğday, Sarı pas, Genetik karakterizasyon, Dayanıklılık

JÜRİ: Prof. Dr. Taner AKAR

Prof. Dr. Ahmet ZEYBEK

Doç. Dr. Hüseyin ÇANCI

ABSTRACT

DETERMINATION OF GENOTYPIC AND PHENOTYPIC RESISTANCE OF SOME DURUM WHEAT (*Triticum durum* Desf.) VARIETIES AGAINST YELLOW RUST DISEASE

Emre İPEK

MSc Thesis in Field Crops

Supervisor: Prof. Dr. Taner AKAR

October 2021; 29 pages

It is aimed to determine the presence of the *Yr5*, *Yr10* and *Yr15* resistance genes known to be resistant to stripe rust disease caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in 54 Turkish durum wheat varieties (*Triticum aurgidum* var. *durum*) with this study at genetic level. For this purpose, DNAs were extracted by all genetic materials and PCR analyses were performed. As a result of genetic analyses, it was found that while all varieties had no *Yr5* resistance gene, the resistance genes *Yr10* and *Yr15* were determined in 12 and 17 varieties, respectively. Additionally, seven of them had both resistance genes. On the other hand, the field trials were conducted to detect resistance of the varieties under natural epidemic conditions in 2019-2020 growing season. In conclusion, resistance genes against to stripe rust were efficiently identified by marker assisted selection. The obtained findings can be beneficial in wheat breeding programs to be conducted for resistance to stripe rust.

KEYWORDS: Durum wheat, Stripe rust, Genetic characterization, Resistance

COMMITTEE: Prof. Dr. Taner AKAR

Prof. Dr. Ahmet ZEYBEK

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ÇANCI

ÖNSÖZ

Puccinia striiformis f. sp. *tritici* (Pst)'nin neden olduğu sarı pas hastalığı, buğdayda önemli verim ve kalite kayıplarına neden olan fungal hastalıklarından birisidir. Bu hastalığa karşı alınacak en etkili yöntem dayanıklı bitki kullanımıdır. Bu tez çalışmasında, ülkemizde tescil edilmiş 54 makarnalık buğday çeşidinin genotipik ve fenotipik olarak sarı pas hastalığına karşı dayanımı belirlenmiştir. Elde edilen verilerin makarnalık buğday ıslahı programlarında etkili bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu tez konusunu belirlemede yardımcı olan, çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, yönlendirici fikirleri ile bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Taner AKAR'a sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım. Tez savunma sınavı jürimde yer alan ve değerli görüşlerini paylaşan Sayın Prof. Dr. Ahmet ZEYBEK ve Sayın Doç. Dr. Hüseyin ÇANCI'ya teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Mehmet TEKİN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez yazım aşamasındaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. Dr. Ahmet ÇAT'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Bünyesinde çalışmakta gurur duyduğum Petektar Tohumculuk Ltd. Şti'nin kurucuları Sayın Büşra YAPICI ve Sayın Mehmet YAPICI'ya da bu süreçteki desteklerinden ve anlayışlarından dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmayı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Bu zorlu süreçte beni destekleyen kıymetli eşim Özge İPEK'e, ikizlerim Gülsüm ve Nail İPEK'e ve değerli aileme yaptıkları fedakârlıklarından dolayı sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1.Genetik materyal.....	7
3.2. Metot	11
3.2.1. DNA izolasyonu	11
3.2.2. PZR çalışmaları ve agaroz jel elektroforezi.....	12
3.2.2. PZR sonuçlarının değerlendirilmesi	14
3.2.3. Tarla denemesinin yürütülmesi.....	14
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	15
4.1. Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Dayanıklılık Genleri Bakımından Genotipik Tanımlanması	15
4.2. Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Doğal Epidemik Şartlarında Fenotipik Tanımlanması	18
5. SONUÇLAR	21
6. KAYNAKLAR	22
7. EKLER.....	27
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bazı Makarnalık Buğday (*Triticum durum* Desf.) Çeşitlerinin Sarı Pas Hastalığına Karşı Genotipik ve Fenotipik Olarak Dayanıklılığının Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

08/10/2021

Emre İPEK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
A	: Adenin
Bp	: Baz çifti
C	: Sitozin
°C	: Santigrat derece
Cm	: Santimetre
Da	: Dekar
dH ₂ O	: Distile su
Dk	: Dakika
G	: Gram
G	: Guanin
M	: Molar
MgCl ₂	:Magnezyum klorür
ml	: Mililitre
Mm	: Milimolar
Sn	: Saniye
T	: Timin
U	: Ünite
ml	: Mikrolitre
μM	: Mikromolar

Kısaltmalar

DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
EDTA	: Etilen DiaminTetra Asetik Asit

FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
<i>Pst</i>	: <i>Puccinia striiformisf. sp. tritici</i>
PZR	: Polimeraz zincir reaksiyonu
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
TBE	: Tris/Borik asit/EDTA Tampon çözeltisi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Moleküler çalışmalarda kullanılan cihazlara ait görüntüler	13
Şekil 4.1. <i>STS7/8</i> belirteçleri ile çoğaltılan ürünlerin bant görüntüleri.....	15
Şekil 4.2. <i>Yr10F/R</i> belirteçleri ile çoğaltılan ürünlerin bant görüntüleri	16
Şekil 4.3. <i>Xbarc8</i> belirteçleri ile çoğaltılan ürünlerin bant görüntüleri	17
Şekil 4.4. Dayanıklılık genleri tespit edilen çeşitlerin sayıları	18



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan makarnalık buğday genetik materyaline ait bilgiler...	8
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan dayanıklılık genlerine ait primerler.....	12
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan primerlere ait PZR içeriği.....	12
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan primerlere ait PZR aşamaları.....	13
Çizelge 4.1. Makarnalık buğday çeşitlerinin sarı pasa karşı ergin dönem dayanıklılık durumları	19
Çizelge 7.1. Makarnalık buğday çeşitlerinin dayanıklılık gen içerikleri	27



1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde enerji kaynağı olarak kullanılan tahıllar arasında buğday (*Triticum L.*), geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olmasından dolayı 215.9 milyon ha ekiliş ve 766 milyon ton üretimle çeltikle birlikte dünyada ilk sıralarda yer almaktadır (FAO 2020). Ayrıca buğday danesi uygun besin değeri, saklama ve işlenmesindeki kolaylıklar nedeniyle diyet lif ve B vitamini kaynağı olarak temel besin durumundadır. Buğday özellikle gelişmekte olan 94 ülkede yaşayan yaklaşık 4.5 milyardan fazla insan için yaşamsal öneme sahip olan kalorisinin %20'sini sağlamakla birlikte protein kaynağının %20'sini de oluşturmaktadır (Braun vd. 2010). Ülkemizde de durum benzerdir. TUIK 2020 yılı verilerine göre, Türkiye'de yaklaşık 6.9 milyon ha ekim alanından 20.5 milyon ton buğday ürünü alınmaktadır (TUIK 2020). Buğday ülkemiz için en stratejik ürünlerden birisi olup geniş üretim kitlelerini ilgilendirmektedir. Buğday verimi yağış miktarı, biyotik ve abiyotik faktörlere göre büyük değişiklik göstermektedir.

Biyotik faktörler arasında Basidiomycetes sınıfında Uredinales takımında yer alan *Puccinia* türlerinin sebep olduğu pas hastalıkları tüm dünyada buğday üretimini tehdit etmektedir. Buğdayda pas hastalığına sebep olan önemli türlerden bir tanesi sarı pas etmeni *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst*)'dir. Hastalık ilk defa 1915 yılında Amerika'da rapor edilmiş (Carleton 1915) ve ilk epidemiler de Amerika'nın Batı eyaletlerinde ortaya çıkmıştır (Boyd 2005). Sarı pas hastalığı son 15 yıl içinde, buğday üretimini sınırlandıran en önemli biyotik faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Singh vd. 2004) ve dünya buğday üretiminin %88'i bu hastalığa karşı hassastır. Yıllık 5 milyon ton ürün kaybı olduğu ve bu kaybolan ürünün pazar değerinin 1 trilyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (Wellings 2011; Beddow vd. 2015). Hastalığın uzun mesafelere yayılmasında en önemli etmen rüzgâr olmakla birlikte insanların eşya ve kıyafetleriyle de pas sporları uzak mesafelere taşınabilmektedir. Sarı pas etmeni *Pst*, bitkilerin tek yapraklı döneminden olum dönemine kadar olan süreç içerisinde her zaman enfeksiyon yapabilmektedir. Enfekte ettiği yapraklarda ve özellikle bayrak yaprakta fotosentezi baskılayarak verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır (Chen 2005).

Ülkemizdeki ilk sarı pas hastalığı, 1991 yılında Batı Afrika'dan gelen sarı pas ırklarının enfeksiyonu sonucu gelişmiştir. O dönemde Türkiye'de yoğun bir şekilde ekilen ve Yr9 dayanıklılık genine sahip olan Seri-82 çeşidini ciddi şekilde etkileyerek büyük bir verim kaybına neden olmuş ve bu sebeple Seri-82 çeşidi üretimden kaldırılmıştır (Braun ve Saari 1992; Mamluk vd. 1997). Yine 1998 yılında uzun süren serin ve yağışlı hava koşullarının etkisi ile Orta Anadolu'da kontrol edilen alanların %98'inin enfeksiyona maruz kaldığı görülmüş ve %26.5 ile %50 arasında verim kaybı olduğu bildirilmiştir. (Düşünceli vd. 1999). Şiddetli epidemiler ülkemizde son yıllarda da görülmeye devam etmektedir. Özellikle 2009-2010 yıllarında Suriye'de ortaya çıkan yeni bir patotip nedeniyle Orta Anadolu ve geçit bölgelerinde enfeksiyon şiddetleri artarak ülkemizin Ankara, Konya, Eskişehir, Çukurova, Samsun, Amasya, Uşak gibi önemli buğday üretim alanlarında yüksek verim ve kalite kayıplarına yol açmıştır (Mert 2010). Ülkemizde enfeksiyon dönemi genellikle mevsimsel ve yöresel iklim koşullarına göre değişmekle birlikte ilkbaharda patojen için optimum hava sıcaklığı olan 10-15 derece ve nemin yüksek olduğu zamana denk gelmektedir.

Bu hastalığa karşı alınan birincil önlem fungusit kullanımıdır fakat tarım ilaçlarının tüketim sürecinde çevreye verdiği zarar yadsınamayacak kadar çok olup

ekonomik olarak da oldukça maliyetlidir. Buna karşın dayanıklı çeşit kullanımı, çevre dostu olmakla birlikte en etkin ve sürdürülebilir çözümdür. Ülkemizde dayanıklı çeşit geliştirmek için yürütülen ıslah çalışmalarında daha çok fenotipe dayalı olan geleneksel ıslah yöntemleri kullanılmaktadır. Öte yandan geleneksel ıslah metodlarının yerine moleküler belirteç destekli seleksiyon yaklaşımı ıslah çalışmalarında etkinliği artırmak için daha güvenilir bir alternatif olarak görünmektedir. Bu yöntem genotipe dayalı olarak seçime imkân verirken, geleneksel ıslah yaklaşımında dayanıklılık geni taşıyan genotiplerin seçimi fenotipe dayalı olarak yapılmaktadır. Fenotipe dayalı dayanıklılık geni taşıyan genotiplerin seçimi o yılki sıcaklık, nem ve patojen etkileşimi sonucu belirleneceğinden yoğun iş yükü ve uzun zaman gerektirmekte ve çevreye bağımlılık göstermektedir. Buna karşın, genotipik seleksiyon çevreden bağımsız hızlı ve daha etkin bir yöntemdir (Collard ve Mackill 2008).

Dünya genelinde bu denli etkili bir biyotik stres faktörü olmasından dolayı buğdayda sarı pas hastalığına dayanıklılık sağlamak için ırkların ve dayanıklılık genlerinin tanımlanması ve hangi bölgelerde hangi ırkların yaygın olduğunun tespit edilmesine yönelik çalışmalar birçok araştırmacı tarafından yürütülmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda sarı pas hastalığına sebep olan fungus *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*'nin Çinde 41 (Chen vd. 2009) ve 54 (Zhan vd. 2012), Pakistan'da 12 (Bahri vd. 2011), Amerika'da 51 (Zhan vd. 2012), 34 (Wan ve Chen 2014) ve 55 (Wan vd. 2016) farklı ırkının olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber yapılan moleküler çalışmalar sonucunda buğdayda sarı pas ırklarına dayanıklılık sağlayan 70'ten fazla dayanıklılık geni tanımlanmıştır (McIntosh vd. 2017). Dayanıklılık sağlayan *Yr* genlerinin birçoğu ırka spesifik olarak tanımlanmıştır yani bu genler sadece ilgili avirülens geni taşıyan izolatlara karşı dayanıklılık sağlamaktadır (Goutam vd. 2015). Birçok dayanıklılık geni de farklı yabancı türlerden ekmeklik buğdaya aktarılmıştır (Kuraparthi vd. 2007; Chhuneja vd. 2008). Yapılan araştırmalar sonucunda dünya genelinde sarı pas ırklarına karşı en çok dayanım sağladığı belirlenen dayanıklılık geni *Yr5*'dir ve bu genin vericisinin (donör) *Triticum aestivum* ssp. *spelta* türü olduğu bilinmektedir (Macer 1966; Law 1976). Bu gen, bitkinin fide döneminde sarı pas hastalığına dayanıklılık sağlamakta olup bütün sarı pas ırklarına karşı dayanıklılık gösterebilmektedir (Chen vd. 2003). Diğer bir dayanıklılık geni olan *Yr10* ise PI 178383 buğday hattında 1B kromozomunun kısa kolunda belirlenmiştir (Wang vd. 2002). *Yr15* dayanıklılık geni ise 1980'li yıllarda *T. dicoccoides* G25 aksesyonunda bulunmuştur (Gerechter-Amitai vd. 1989). Daha sonra Sun ve arkadaşları tarafından 1997 yılında 1BS kromozomu üzerinde olduğunu haritalamışlardır (Sun vd. 1997). İlgili gen bölgelerinin belirlenmesinin ardından bu genlerle ilişkili belirteçlerin geliştirilmesi ve buna dayalı seçim ile ilgili birçok çalışmanın başlamasına neden olmuştur (Enjalbert vd. 2002; Bahri vd. 2009; Chen vd. 2009; Wang vd. 2010).

Bu çalışma ile ülkemizde tescil edilen 54 adet makarnalık buğday (*Triticum turgidum* var. *durum*) çeşidinde sarı pas hastalık etmeni *Pst*'ye karşı dayanım gösterdiği bilinen *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* dayanıklılık genlerinin varlığı genetik düzeyde tanımlanması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Sarı pas hastalığı, buğdayın dışında Poaceae familyasında bulunan diğer tahıl türlerinde de görülmektedir ve hastalık etmeni, hastalığın görüldüğü her bitki türüne göre farklı adlandırılmaktadır. Eriksson (1894) hastalık etmenini konukçu-patojen ilişkisine göre 5 farklı şekilde sınıflandırmıştır. Bunlar sırasıyla buğdayda *P. striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst*), arpada *P. striiformis* f. sp. *hordei* (*Psh*), çavdarda *P. striiformis* f. sp. *secalis*, yabani arpa türlerinde (*Elymus*spp.) *P. striiformis* f. sp. *elymi* ve ayrıktta (*Agropyron*spp.) *P. striiformis* f. sp. *agropyri*'dir. Diğer buğdaygil yem bitkilerinde de konukçuya özel patojen adlandırmaları olduğu bilinmektedir.

Pst'nin ara konukçusu belirlenemediği için hayat döngüsünü ana konukçusu olduğu türlerde üredospor ve teliospor formunda tamamladığı düşünülmekteydi ancak Jin vd. (2010) *Pst*'ye ait pikniospor ve eziosporların *Berberis*spp. türlerinin üzerinde görüldüğünü ve bu türün hastalığın ara konukçusu olduğunu rapor etmiştir. *Berberis* spp. türlerinin yanında *Mahonia aquifolium* türünün de *Pst*'nin konukçusu olduğu ve etmenin eşeyli dönemini bu bitkiler üzerinde geçirdiği bildirilmiştir (Wang ve Chen 2013; Zhao vd. 2013). Hastalık etmeni, enfeksiyon için uygun şartlar oluşmadığı takdirde sezon sonunda enfekteli bitki parçaları üzerinde teliospor formuna geçtiği bilinmektedir. Bu formdan sonra uygun şartlarda çimlenerek basidiosporları oluştururlar. Basidiosporlar, ara konukçu olan *Berberis*spp. Veya *Mahonia* spp. bitkilerini enfekte eder ve ardından yaprağın üst yüzünde pikniospor oluşur, alt yüzünde ise eziosporlar oluşur. Oluşan eziosporlar rüzgarla ana konukçu bitkilerin yaprakları üzerine taşınarak uygun sıcaklık ve nem koşullarında çimlenerek, üredosporları meydana getirirler. Bu sporlar da konukçu bitkileri tekrar uygun iklim koşullarında enfekte ederler. İklim koşullarının uygun olmadığı durumlarda konukçu bitkilerde teliosporlar oluşur ve döngü tamamlanır. Üredospor safhasında iken iklim koşulları uygun devam ederse sürekli enfeksiyonlar sonucu epidemi hatta pandemiler meydana gelebilmektedir (Agrios 2005).

Hastalığın uzun mesafelere yayılmasında en önemli etmen rüzgâr olmakla birlikte insanların eşya ve kıyafetleriyle de hastalık etmeninin sporlarının uzak mesafelere taşındığına dair çok sayıda kayıt bulunmaktadır. Sarı pas etmeni *Pst*, bitkilerin tek yapraklı döneminden olum dönemine kadar ki süreç içerisinde hastalık için şartların uygun olduğu her zaman enfeksiyon yapabilmektedir. Enfekte ettiği yapraklarda ve özellikle bayrak yaprakta fotosentezi sınırladığı için verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır (Chen 2005). Irkların hızlı ve uzun mesafeye yayılması özellikle son 40 yıldır incelenmektedir. 1979'da Avustralya'da, Avrupa'dan seyahat eden turistlerin eşyalarında *Pst* üredosporların taşındığı tespit edilmiştir (Wellings vd. 1987). Yine benzer bir şekilde, 1996 yılında Güney Afrika'da görülen *Pst* ırklarının, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'da görülen *Pst* ırkları ile benzer olduğu keşfedilmiştir. 2000 yılında da Kuzey Amerika'da yeni bir ırk ortaya çıkmış (Chen vd. 2002; Chen 2007) ve bu ırkın 2002'de Batı Avustralya'da görülen ırkla çok benzer olduğu belirlenmiştir (Wellings vd. 2003). Hovmöller vd. (2008) farklı kıtalardan ve bölgelerden topladığı sarı pas izotlarını AFLP analizi ile karşılaştırmış ve benzerliklerine göre iki ana gruba ayırmıştır. İlk grup, daha çok Amerika ve Avustralya'da yaygın iken ikinci grubun Eritre, Batı Asya (İran, Azerbaycan) ve Orta Asya (Kazakistan, Özbekistan, Kırgızistan)'da yaygın olduğu bildirilmiştir.

Ülkemizde yakın zamana kadar sarı pas ile ilgili yapılan çalışma sayısı oldukça az bulunmaktaydı ancak son yıllarda hem dayanıklı çeşit geliştirme hem de ırk analizi çalışmaları hız kazanmıştır. Ülkemizde sarı pas enfeksiyonu ile ilgili ilk detaylı resmi veri 1886 yılında M. Rasim tarafından rapor edilmiştir (Özgen ve Kınacı 1985). Bunun yanı sıra 1936-1960 yılları arasında da bazı yıllarda hastalığın üretim alanlarında epidemi oluştuğuna dair kayıtlara rastlanmaktadır (İren 1964). Bu epidemilerin çoğunlukla Orta ve Batı Anadolu’da görüldüğü bildirilirken 1936, 1940, 1950 ve 1963 yıllarında hastalık tüm ülkede etkili olmuştur. 1975, 1976, 1977, 1984 ve 1991 yıllarında hastalık epidemisi lokal veya bölgesel düzeyde kalmıştır (Braun ve Saari 1992). 1991 yılında oluşan epidemi, Batı Afrika’dan ülkemizde taşınan yeni Pst ırkının/ırklarının enfeksiyonu sonucu gelişmiştir. O dönemde özellikle Çukurova bölgesinde yoğun bir şekilde yetiştiriciliği yapılan ve Yr9 dayanıklılık geni içerdiği bilinen “Seri-82” çeşidini ciddi şekilde etkileyerek bugünkü değerle yaklaşık 7 milyon TL’lik bir verim kaybına neden olmuş ve yaşanan bu epidemi, Seri-82 çeşidinin üretim programlarından kaldırılmasının gerekçelerinden birisi olmuştur (Braun ve Saari 1992; Mamluk vd. 1997). Yine 1998 yılında uzun süren serin ve yağışlı hava koşullarının etkisi ile Orta Anadolu’da hastalık kontrolü yapılan alanların %98’inin değişen düzeylerde enfeksiyona maruz kaldığı görülmüş ve %26.5 ile %50 arasında verim kaybı olduğu bildirilmiştir (Düşünceli vd. 2000). Farklı düzeyde kayıplara yol açan epidemiler ülkemizde son yıllarda da görülmeye devam etmektedir. Özellikle son 10 yılda Suriye, Irak ve Kuzey Afrika ülkelerinde tanımlanan yeni ırkların ülkemize göç etmesi nedeniyle Orta Anadolu ve geçit bölgelerinde (Ankara, Konya, Eskişehir, Çukurova, Samsun, Amasya, Uşak) yüksek verim ve kalite kayıplarına bildirilmiştir (Mert 2010). Ülkemizde enfeksiyon dönemi, genellikle mevsimsel ve yöresel iklim koşullarına göre değişmekle birlikte ilkbaharda patojen için optimum hava sıcaklığı olan 10-15 derece ve nemin yüksek olduğu zaman olarak ifade edilebilir.

Türkiye’de 1990’larda meydana gelen ırk değişiminin nedeni dayanıklılık sağlayan Yr9 geninin etkisini yitirmesinden dolayı hastalık epidemisinden dolayı yaygın ekilen yazlık çeşit Seri-82’ de çok şiddetli verim kayıpları meydana gelmiştir (Braun ve Saari 1992; Mamluk vd. 1997). Bu epidemiden dolayı yazlık kesimde birçok çeşit de yoğun şekilde fungusit kullanımı ile hastalıkla mücadele edilmektedir.

Ülkemizde sarı pas ırklarıyla ilgili gerçekleştirilen çalışmalar az sayıdadır. 1970 ve 1988 arasında Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü (Anonim 1988) tarafından yapılan çalışmalarla 46E15, 14E16, 70E0, 2E16, 70E16, 6E16, 46E13, 6E0, 86E16 ırkları tanımlanmıştır. İlave olarak Louwers ve ark. (1992) 1989 yılında 6E150 ırkı, 1991 yılında ise 2EO, 2E16, 6E16 sarı pas ırklarını tanımlamışlardır. Ülkemizde belirlenen bu ırklara karşı hangi genlerin etkili olduğu ırk ayırıcı setler kullanılarak belirlemeye çalışılmaktadır. Mamluk vd. (1997) Türkiye’de 1995 yılında yapılan çalışmada 5 farklı alanda doğal hastalık popülasyonlarına karşı etkili olan dayanıklılık genlerinin Yr2+, Yr5, Yr1, Yr3V, Yr9+, Yr7+, Yr8+, YrCV ve YrSp olduğunu bildirmişlerdir.

Çetin vd. (2000) da 1995-1998 yılları arasında Ankara, Eskişehir, Konya ve Afyon lokasyonlarında ırk ayırıcı setler ile benzer bir çalışma yürütmüş ve mevcut hastalık popülasyonunun, Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Gaby ve A+ dayanıklılık genleri üzerine tüm lokasyonlarda virulent bulunduğunu rapor etmiştir. Zeybek ve Yiğit (2004) 2000-2001 yıllarında Güney Ege ve Batı Akdeniz’de 9 lokasyonda yürüttükleri çalışmada mevcut hastalık popülasyonuna karşı fide döneminde Yr6, Yr7, Yr8 ve Yr10 genlerinin

dayanıklılık sağladığını ve *Yr1*, *Yr2*, *Yr3a*, *Yr9*, *Yr17*, *Sd* ve *So* dayanıklılık genlerinin etkisiz kaldığını rapor etmişlerdir. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü koordinatörlüğünde yürütülen Ülkesel Serin İklim Tahılları Hastalık Araştırmaları Projesi (ÜSİT-HAP) kapsamında farklı lokasyonlarda (Ankara, Eskişehir, İzmir, Samsun) ırk ayırıcı set ile hastalık gelişiminin doğal hastalık gelişimi şartları altında değerlendirildiği çalışmada tüm lokasyonlar dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda 13 dayanıklılık geninin (*Yr1*, *Yr3N*, *Yr3V*, *Yr4+*, *Yr5*, *Yr10*, *Yr11*, *Yr15*, *Yr17*, *Yr26*, *Yr-St.Dc*, *Sp.Pr.*, *YrCV*, *Yr Su x Om*) hastalık popülasyonuna karşı etkin olduğu, 14 dayanıklılık geninin (*Yr2*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr8*, *Yr9*, *Yr12*, *Yr18*, *Yr24*, *YrA+*, *Yr2+*, *Yr6+*, *Yr7+*, *Yr9+*) ise mevcut hastalık popülasyonuna karşı etkinliğini yitirdiği belirlenmiştir (Anonim 2004). Mert vd. (2012) doğal hastalık gelişimi şartlarında olgun bitki dayanıklılığı için 12 lokasyonda 2003-2011 yıllarında yürüttükleri çalışmada *Yr1*, *Yr3V*, *Yr4+*, *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *YrSP* ve *YrCV* dayanıklılık genlerinin mevcut hastalık popülasyonundan etkilenmediği bildirmişlerdir. Ek olarak, 2014 yılında Edirne ve Sakarya buğday yetiştiricilik alanlarından toplanan izolatların sera şartlarında ırk analizi ile değerlendirilmesiyle mevcut hastalık popülasyonunun *Yr1*, *Yr2*, *Yr3*, *Yr4*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr9*, *Yr17*, *Yr25*, *Yr32* ve *YrSp* dayanıklılık genlerine virulent olduğu ortaya konmuştur (Mert vd. 2016).

Dünya genelinde bu denli etkili bir biyotik stres faktörü olmasından dolayı buğdayda sarı pas hastalığına kabul edilebilir düzeyde dayanıklılık geliştirmek için ırkların ve dayanıklılık genlerinin tanımlanması ve hangi bölgelerde hangi ırkların olduğu veya daha yaygın olduğunun tespit edilmesine yönelik çalışmalar birçok araştırmacı tarafından yürütülmektedir. Bu konudaki ilk çalışma 1930'larda Gassner ve Straib (1932) tarafından Almanya'da yürütülmüştür. ırk ayırıcı setlerin kullanılmasıyla birlikte patojenin popülasyon yapısı, epidemiyolojisi ortaya konmaya çalışılmış ve hastalığa karşı dayanıklılık ıslahı çalışmaları hız kazanmıştır. Çalışma sonucunda, *Pst* ırklarının oluşumunda mutasyonun da önemli bir rolü olduğu ortaya konmuş (Gassner ve Straib 1932, 1933) ve avirülens yapıda iken virülens hale gelen veya bunun tersi durumda oluşan patojendeki farklılığın tek nokta mutasyonlarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Wellings ve McIntosh 1990; Hovmöller ve Justesen 2007; Wellings 2007; Chen vd. 2009). Patojene ait ırklar, uluslararası düzeyde adlandırılmaya çalışılmış ve Johnson vd. (1972)'nin yaptıkları çalışma temel alınarak, ırk ayırıcı setlerle avirülens/virülens analizleri ile Avrupa'daki *Pst* popülasyonlarının yapısı ortaya konmaya çalışılmıştır (Stubbs 1988). Son yıllarda yapılan çalışmalarda; Birleşik Krallık, Danimarka, Fransa, Amerika, Çin ve Meksika'da oluşan yeni patotiplerin belirlenmesinde farklı metodolojiler uygulanmakta ve farklı dayanıklılık genlerine sahip ırk ayırıcı setler kullanılmaktadır.

Patojenin virülens/avirülens olduğunu ortaya koymak için dünya genelinde ırk ayırıcı setler kullanılarak farklı hastalık değerlendirme skalaları kullanılmaktadır (Bahri vd. 2011; Bux vd. 2012; Cheng ve Chen 2014; Brar ve Kutcher 2016; Wan vd. 2016). Son yıllarda ırk ayırıcı setler kullanılarak yürütülen çalışmalar sonucunda sarı pas hastalığına sebep olan Çin'de 41 (Chen vd. 2009), 54 (Zhan vd. 2012), Pakistan'da 12 (Bahri vd. 2011), Amerika'da 34 (Wan ve Chen 2014) ve 55 (Wan vd. 2016) *Pst* ırkı saptanmıştır.

Dünya'da sarı pas hastalığına karşı alınan birincil önlem fungisit kullanımındır. Diğer taraftan hastalığın kontrolünde sürekli olarak fungusit kullanımının çevreye verdiği zarar yadsınamayacak kadar çok olup ekonomik olarak da oldukça maliyetlidir.

Hastalığın kontrol altında tutulabilmesi için 2003-2006 yılları arasında Avustralya’da yıllık yaklaşık 40-90 milyon Avustralya doları değerinde fungusit kullanıldığı tahmin edilmektedir (Wellings 2007). 2011 yılında Amerika’da toplam tarım yapılan alanların %1.76’sının sarı pas enfekteli olduğu ve hastalık nedeniyle 250 milyon dolardan daha fazla ekonomik kayıp yaşandığı ve buna ek olarak hastalıkla mücadele için milyonlarca dolar değerinde fungusit kullanımı olduğu bildirilmiştir. Sadece Washington’da kışlık buğdayda 28 milyon dolar, yazlık ekilen buğdayda 12 milyon dolar değerinde fungusit harcaması kaydedilmiştir. Üreticilerin bu fungusit kullanımı sonucunda kışlık buğdayda 136 milyon dolarlık yazlıkta ise 39 milyon dolarlık bir kaybın önüne geçtiği tahmin edilmektedir (Wan ve Chen 2016).

Hastalığın kontrolünde en etkili yöntemin dayanıklı çeşit kullanımı olduğu bilinmektedir. Bu yöntem çevre dostu olmakla birlikte en etkin ve sürdürülebilir yöntemdir. Öte yandan geleneksel ıslah metodlarının yerine son yıllarda kullanımı artan moleküler belirteç destekli seleksiyon yaklaşımı ıslah çalışmalarında etkinliği artırmak için daha güvenilir bir alternatif olarak görünmektedir (Collard ve Mackill 2008). Bu yöntem başta dünyanın birçok ülkesinin ve Uluslararası Buğday ve Mısır Araştırma Merkezi (CIMMYT) gibi uluslararası araştırma kuruluşlarının buğday ıslah programlarının özellikle majör genleri yeni çeşit adaylarına aktarmak için kullandığı başlıca yöntem olarak bilinmektedir (Gupta vd. 2010; Randhawa vd. 2013) vedaha çok belirteç destekli geri melezleme ve gen piramitlemesi şeklinde yürütülmektedir. Sürdürülebilir dayanıklılık (Kloppers ve Pretorius 1997; Liu vd. 2000; Joshi ve Nayak 2010) sağlamak için kullanılan en etkin yöntem olan gen piramitlemesi geleneksel ıslah metodları ile de yapılabilmektedir ancak çoğu zaman birden fazla gen bulunduran bitkilerin fenotipik olarak seçimi mümkün olmamaktadır.

Tabassum vd. (2010) Pakistan’da yürüttükleri araştırmada tescil edilen toplamda 100 çeşidi *Yr5*, *Yr8*, *Yr9*, *Yr15* ve *Yr18* dayanıklılık genleri yönüyle moleküler olarak tanımlamışlardır. Çalışma sonucunda, çeşitlerin %17’sinde *Yr9* ve %12’sinde *Yr18* dayanıklılık genlerinin varlığını tespit etmişlerdir. Ancak *Yr5*, *Yr8*, *Yr9* ve *Yr15* dayanıklılık genleri çalışmada kullanılan hiçbir genotipte tespit edilememiştir.

Zeng vd. (2014) Çin’de yaptıkları araştırmada Çin’de tescil edilmiş 330 buğday çeşidi ve 164 ileri ıslah hattını *Yr5*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr17*, *Yr18* ve *Yr26* dayanıklılık genleri yönüyle moleküler markır destekli seleksiyon yöntemi kullanarak karakterize etmişlerdir. Çalışma sonucunda *Yr5* geninin sadece 2 çeşitte, *Yr10* ve *Yr15* geninin ise hiçbir genotipte bulunmadığını tespit etmişlerdir. *Yr9*, *Yr17*, *Yr18* ve *Yr26* dayanıklılık genlerini sırasıyla 134, 45, 10 ve 15 genotipte bulduklarını bildirmişlerdir.

Li vd. (2016) Çin’de Sarı ve Huai nehri vadisi buğday bölgesi’ndeki ticari buğday çeşitlerinde sarı pas dayanıklılığını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, bu bölgedeki 13 ilden toplanan 115 buğday çeşidi (hat), en yaygın Çin *Pst* ırkları CYR32, CYR33 ve yeni ırk V26’ya karşı fide aşamasında test edilmiştir. Ayrıca bu buğday çeşitleri CYR32 ve CYR33 ırklarını içeren bir karışımı ile olgun dönemde aşılmiştir. Belirtilen bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; 53 çeşidin (%46.1) dayanıklı, 16 çeşidin (%13.9) ise olgun dönem bitki dayanıklılığı gösterdiğini saptanmıştır. Moleküler analiz sonuçlarına göre 115 çeşidin 5’ inde *Yr5*, 38’ inde *Yr9*, 1’ inde *Yr10*, 2’sinde *Yr18* ve 8’inde *Yr26* dayanıklılık geni bulunurken *Yr15* geni hiçbir çeşit de bulunmamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1.Genetik materyal

Ülkemizde tescil edilmiş toplam 54 adet makarnalık buğday (*Triticum turgidum* var. *durum*) çeşidi bu çalışmada genetik materyal olarak kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Bunlara ek olarak, ABD’de yürütülen moleküler ıslah programından (MAS Wheat) sağlanan ve dünya genelinde ve ülkemizde hala tüm sarı pas populasyonlarına karşı dayanıklılık sağlayan *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* genlerini taşıdığı bilinen 3 şahit hat (*AvsNILYr5*, *AvsNILYr10* ve *AvsNILYr15*) ise genotiplendirme aşamasında pozitif kontrol olarak çalışmaya dâhil edilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan makarnalık buğday çeşitlerine ait bilgiler

No	Çeşit/Melez	Tescil eden kurum/kuruluş	Tescil Tarihi	Pedigri
1	Akbaşak 073/144	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	1964	Köy çeşidi
2	Kunduru 414/44	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	7.10.1963	Köy çeşidi
3	Berkmen 469	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	26.4.1967	Köy çeşidi
4	Çakmak 79	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	15.5.1979	UVEYIK-162/ND-61-130
5	Kızıltan 91	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	26.4.1991	UVEYIK-162/61-130//BARRIGON-YAQUI-ENANO*2/TE
6	Altın 40/98	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	12.5.1998	BARRIGON-YAQUI-ENANO/2*TEHUACAN-60//2B//LONGSHANKS/3/BERKMEN-469
7	Yılmaz 98	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	12.5.1998	DF-9-71/3/V-2466//ND-61-130/414-44/4/ERGENE
8	Ankara 98	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	12.5.1998	KOBAK-2916/LEEDS//6783/3/BERKMEN-469/7/CRANE/GANSO//APULICUM/3/DF-17-72/4/DI-165137/GEDİZ-75/5/ANHINGA/6/CASTELPORZIANO/G2//2*TEHUACAN-60/TEHUACAN-60
9	Çeşit-1252	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	26.4.2000	61-130/KUNDURU-414-44//377-2
10	Mirzabey 2000	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	28.4.2000	GD-2/D-1184528
11	Eminbey	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	6.4.2009	CMK79//14-44/OVIACHIC-65/3/BERKMEN/OVIACHIC-65/4/KUNDURU-1149/5/LEEDS//DWARF-MUTANT/SARIBASAK
12	İmren	Tarla Bitkileri Merkez Arş. Ens.	6.4.2009	DF-21-72/GERARDO-VZ-466//ND-61-130/414-44/3/ERGENE/4/DF-21-72//ND-61-130/UVEYIK-162/3/128-3
13	Kunduru 1149	Geçit Kuşağı Tarımsal Arş. Ens.	26.4.1967	Köy çeşidi
14	Altıntaş 95	Geçit Kuşağı Tarımsal Arş. Ens.	20.4.1995	KUNDURU//D-68111/WARD
15	Kümbet 2000	Geçit Kuşağı Tarımsal Arş. Ens.	28.4.2000	ND-61-130//414-44/377-2/3/DF-15-72
16	Yelken 2000	Geçit Kuşağı Tarımsal Arş. Ens.	28.4.2000	ZF/LEEDS//FORAT/3/ND-61-130/LEEDS/4/AU-107/5/GERARDO
17	Dumlupınar	Geçit Kuşağı Tarımsal Arş. Ens.	14.4.2006	BERKMEN/G-75-T-181
18	Fata Sel	Geçit Kuşağı Tarımsal Arş. Ens.	1961	Köy çeşidi
19	Selçuklu-97	Bahri Dağdaş Uluslararası Arş. Ens.	6.5.1997	073-44*2/OVIACHIC-65/3/DF-21-72//ND-61-130/UVEYIK-162
20	Meram-2002	Bahri Dağdaş Uluslararası Arş. Ens.	2.5.2002	ND-61-130/414-44//CAKMAK-79
21	Tunca 79	Trakya Tarımsal Arş. Ens.	15.5.1979	FATA(SEL.181-1)/ND-61-130//LEEDS

Çizelge 3.1'in devamı

22	Gökgöl 79	Trakya Tarımsal Arş. Ens.	15.5.1979	BUCK-BALCARCE//BARRIGON-YAQUI-ENANO*2/TEHUACAN-60
23	Diyarbakır-81	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	29.4.1987	LD-393//BELADI-116-E/2*TEHUACAN-60/3/COCORIT-71
24	Ceylan 95	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	20.4.1995	STORK/RABICORNO
25	Sarı çanak 98	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	12.5.1998	DACKIYE/GEDİZ-75//USDA-575
26	Altın toprak 98	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	12.5.1998	ALTAR-84/ARAOS
27	Aydın-93	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	2.5.2002	JORI-C-69/HAURANI
28	Fırat-93	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	2.5.2002	SNIPE/3/JORI-C-69/CRANE/GANSO/ANHINGA
29	Artuklu	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	2.4.2008	LAHN//GANSO/STORK
30	Eyyubi	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	2.4.2008	MORUS//ALTAR-84/ALONDRA
31	Şahinbey	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	2.4.2008	-
32	Zühre	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	30.3.2010	SN-TURK-M-183-84-375/NIGRIS-5//TANTLO-1
33	Güney Yıldızı	GAP Uluslararası Tarımsal Arş. Ens.	30.3.2010	RASCON-39/TILD-1
34	Gediz-75	Ege Tarımsal Arş. Ens.	13.5.1976	LD-357-E/2*TEHUACAN-60//JORI-69
35	Ege 88	Ege Tarımsal Arş. Ens.	26.4.1988	JORI-C-69/ANHINGA//FLAMINGO
36	Salihli 92	Ege Tarımsal Arş. Ens.	12.5.1992	SHWA//21563/ANHINGA/3/EGE-88
37	Şölen 2002	Ege Tarımsal Arş. Ens.	2.5.2002	STERNA/ALTAR-84/3/GANSO/FLAMINGO//CANDO
38	Tüten 2002	Ege Tarımsal Arş. Ens.	2.5.2002	ALTAR-84/AVETORO/3/GANSO/FLAMINGO//CANDO
39	GAP	Ege Tarımsal Arş. Ens.	1.4.2004	GEDİZ-75//FLAMINGO//TEAL
40	Turabi	Ege Tarımsal Arş. Ens.	1.4.2004	CRESO/CRANE
41	Sham-1	Doğu Akdeniz Tarımsal Arş. Ens.	26.4.1991	PELICANO/RUFF//GAVIOTA/ROLETTE
42	Amanos-97	Doğu Akdeniz Tarımsal Arş. Ens.	6.5.1997	OSTRERO//CELTA/YAVAROS,
43	Fuatbey 2000	Doğu Akdeniz Tarımsal Arş. Ens.	28.4.2000	-
44	Sarı Başak	Doğu Akdeniz Tarımsal Arş. Ens.	12.4.2013	-
45	Akçakale-2000	GAP Tarımsal Arş. Ens.	2.5.2002	SCHELLENTE//CORMORANT/RUFFOUS/3/AJAIA
46	Gündaş	GAP Tarımsal Arş. Ens.	17.4.2012	LGT3/4/BICRE/3/CHAM-1//GAVIOTA/STARKE

Çizelge 3.1'in devamı

47	Özberk	Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi	30.3.2005	FLAMINGO,MEX/GARZA//CANDEAL-1/GREBE/3/CENTRIFEN/FLAMINGO,MEX/PETREL,MEX/5/AKBASAK-073-44/YERLI/6/CAR
48	Pınar-2001	Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi	24.4.2001	Bilinmiyor
49	Zenit	Tasaco Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.	24.4.2001	VALRICCARDO/VIC
50	Svevo	Tasaco Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.	24.4.2001	CIMMYT-SELECTION/ZENIT
51	Levante	Tasaco Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.	8.4.2011	G-80/PICENO//IONIO
52	Saragolla	Tasaco Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.	8.4.2011	IRIDE/LINEA-PSB-0114
53	Maestrle	Tasaco Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.	28.8.2012	IRIDE/SVEVO
54	Bisante	Trakya Tarım ve Veterinerlik Tic. Ltd. Şti.	17.4.2012	Bilinmiyor

3.2. Metot

3.2.1. DNA izolasyonu

Çalışmada genetik materyal olarak kullanılan 54 adet makarnalık buğday çeşidine ait en az 3'er adet tohum viyollere ekilip iklimlendirme odasında çimlendirilmiştir. Çıkış işlemini takiben bitkiler 3 yapraklı döneme geldiğinde (Z13) taze yapraklar steril bir makasla kesilerek mikro tüplere alınmıştır. Genotiplerden birbirine DNA karışımını engellemek için her bir genotipten yaprak örneği alındıktan sonra kullanılan makas %70'lik etanol ile steril edilmiştir. Her bir mikro tüp laboratuvara getirilmeden önce içi buz ile dolu kutular içerisinde muhafaza edilmiştir. Daha sonra soğuk zincir bozulmadan, alınan taze yapraklar laboratuvara getirilerek DNA çıkartılması için -20°C'de muhafaza edilmiştir.

Genotiplere ait yaprak örnekleri kullanılarak DNA çıkartılması işlemi CTAB protokolüne göre gerçekleştirilmiştir (Doyle ve Doyle 1990). DNA çıkartılması süreci aşağıda özetlenmiştir;

1. Her genotipe ait yaprak örneğinden ortalama 0.1 g tartılarak eppendorf tüp içerisine koyulmuştur ve üzerine 0.5 ml CTAB çözeltisi eklenerek ezme çubukları ile iyice ezilmiştir.
2. Bu işlemin ardından DNA'ların sıvıya geçmesini sağlamak amacıyla her örnek 65°C'de 3 saat inkübasyona bırakılmıştır.
3. İnkübasyondan sonra örneklerden proteinin uzaklaştırılması için her tüpe 600 µl kloroform-izoamil (24:1) çözeltisi eklenmiş ve tüpler 10 saniye ters düz edilerek çalkalanmıştır.
4. Bu işlemi takiben tüpler 15 dk 14000 rpm hızında santrifüj edilmiş ve santrifüj sonrasında tüpün içerisindeki süpernatant kısım (üst faz) yeni eppendorf tüplere aktarılmıştır. Bu işlem daha temiz bir DNA elde etmek için benzer şekilde tekrarlanmıştır.
5. DNA'nın çökmesi için her tüpe 500 µl soğuk izopropanal eklenmiş ve tüpler 10 saniye ters düz edilerek çalkalanmıştır ve sonrasında 1 gece -20°C'de bırakılmıştır.
6. Bir gün sonrasında -20°C'den alınan örnekler 14000 rpm hızında 10 dk santrifüj edilmiştir. Bu işlemin sonunda tüplerin dibinde pelet olduğu gözlenmiş ve pelet yerinden oynatılmadan tüplerin içerisindeki sıvıların boşaltılması sağlanmıştır.
7. Daha sonra pelet üzerine 300 µl %70'lik etanol eklenmiş ve 14000 rpm hızında 5 dk santrifüj edilmiştir. Bu işlem aynı şekilde bir defa daha tekrar edildikten sonra pelete zarar verilmeden sıvılar dikkatlice boşaltılmış ve boş tüpler 30-40 dk boyunca ağzı açık vaziyette kurumaya bırakılmıştır.
8. Son olarak içerisinde pelet bulunan kurumuş tüplerin içerisinde 150 µl saf su ilave edilmiş ve DNA'nın sıvıya geçmesini sağlamak için bir gece süreyle +4°C'de bekletilmiştir.

3.2.2. PZR çalışmaları ve agaroz jel elektroforezi

Çalışma kapsamında *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* dayanıklılık genlerini bulunduran makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi için kullanılan belirteçlere ait bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir. *Yr5* dayanıklılık geni için Chen vd. (2003) tarafından geliştirilen STS7/8 belirteci kullanılmıştır. *Yr10* ve *Yr15* dayanıklılık genleri için ise Singh vd. (2009) ve Murphy vd. (2009) tarafından geliştirilen belirteçler kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan dayanıklılık genlerine ait primerler

Gen	Belirteç	Bağlanma sıcaklığı (°C)	Baz dizilimi (5'→3')
<i>Yr5</i>	STS-7	45	GTACAATTCACCTAGAGT
	STS-8		GCAAGTTTTCTCCCTATT
<i>Yr10</i>	<i>Yr10</i> F	64	TCAAAGACATCAAGAGCCGC
	<i>Yr10</i> R		TGGCCTACATGAACTCTGGAT
<i>Yr15</i>	Xbarc8-R	50	GCGGGGGCGAAACATACACATAAAAAACA
	Xbarc8-F		GCGGGAATCATGCATAGGAAAACAGAA

PZR analizleri Zeng vd. (2014) tarafından geliştirilmiş olan protokol baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* gen bölgeleri ile bağlantılı olan belirteçlerin her biri için gradient PZR uygulaması yapılarak en uygun bağlanma sıcaklığı tespit edilmiş ve protokoller optimize edilmiştir. PZR tüplerinin reaksiyon hacmi toplam 15 µl olacak şekilde hazırlanmıştır. PZR reaksiyonu için gerekli kimyasallar ve miktarları ve PZR koşulları Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan belirteçlere ait PZR içeriği

Gen	Primer	PZR reaksiyonu					
		DNA (ng)	10X buffer	MgCl ₂ (mM)	dNTP (mM)	Taq (U)	Primer (uM/each)
<i>Yr5</i>	STS-7/8	100	1x	2.5	0.2	0.75	0.4
<i>Yr10</i>	<i>Yr10</i> F/ <i>Yr10</i> R	100	1x	2	0.2	0.75	1
<i>Yr15</i>	Xbarc8	100	1x	2	0.2	0.75	0.6

CAPS belirteci olan STS7/8 için PZR işleminden sonra enzim ile kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Kesim işlemi Akar vd. (2019)’a göre gerçekleştirilmiştir. PZR ürünleri, hazırlanan %2’lik agaroz jele yüklenmiş ve 85 voltta 60dk yürütülmüştür.

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan belirteçlere ait PZR aşamaları

Gen	Primer	PZR aşamaları					
		Ön denatürasyon (94°C) dk	Denatürasyon (94°C) sn	Bağlanma °C, sn	Uzama (72°C) sn	Döngü sayısı	Son uzama (72°C) dk
Yr5	STS-7/8	5	30	45, 30	45	45	10
Yr10	Yr10F/Yr10R	4	30	64, 30	60	35	10
Yr15	Xbarc8	4	30	50, 30	60	40	10

Elektroforez sonucunda jel görüntüsü UV görüntüleme cihazı ile görüntülenmiştir. Çalışma kapsamında laboratuvarında bulunan cihazlara ait görüntüler Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Moleküler çalışmalarda kullanılan cihazlara ait görüntüler; a: Santrifüj cihazı, b: PZR cihazı (Thermal Cycler), c: Agaroz jel elektroforezi, d: UV görüntüleme cihazı.

3.2.2. PZR sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında kullanılan 54 adet makarnalık buğday çeşidinin *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* dayanıklılık genleri bakımından moleküler olarak taraması yapılmıştır. Çoğaltılan hedef bölge PZR’de çoğaltılan pozitif kontrol bant büyüklüğüne göre kıyaslama yapılarak var/yok (1/0) şeklinde skorlaması yapılmıştır. Skorlama işleminin ardından çalışmadan kullanılan çeşitlerin gen içerikleri ile ilgili veriler Excel programına girilmiştir.

3.2.3. Tarla denemesinin yürütülmesi

54 makarnalık buğday çeşidine ait tohumlar 1 metre 2 sıra olacak şekilde iki tekerrürlü ekilmiştir. Ayrıca küresel ölçekte sarı pas hastalığına hassas olduğu bilinen ekmeklik buğday çeşidi Morocco hem gözlemlerin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi hem de hastalık etmeninin yaygınlaşmasını kolaylaştırmak amacıyla kenar tesiri olarak ekilmiştir. 2019-2020 üretim sezonu Kasım ayında ekimler gerçekleştirilmiş olup hastalık gözlemleri hastalık semptomlarının gözlenmeye başladığı Nisan başı ve ortası olmak üzere iki haftaya arayla alınmıştır. Hastalık gözlemleri, enfeksiyon tipi ve şiddeti dikkate alınarak Modifiye-Cobb ölçeği yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Enfeksiyon tipi ve şiddeti kaydedilmesinden sonra veriler aşağıdaki formül yardımıyla enfeksiyon katsayısına çevrilmiştir. Ölçeğe göre R enfeksiyon tipi için 0.2, MR enfeksiyon tipi için 0.4, MS enfeksiyon tipi için 0.6 ve S enfeksiyon tipi için 1 katsayısı kullanılmıştır.

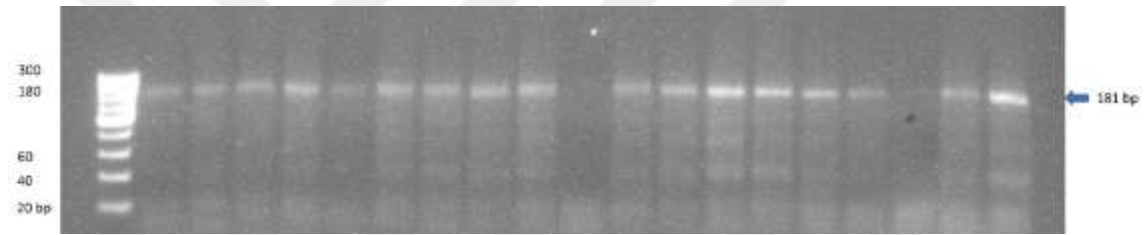
Enfeksiyon katsayısı = Enfeksiyon tipi x Enfeksiyon şiddeti

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Dayanıklılık Genleri Bakımından Genotipik Tanımlanması

Materyal ve metot kısmında belirtildiği üzere her bir belirtece uygun şartlarda PZR analizleri gerçekleştirilmiştir. *Yr5* dayanıklılık geninin belirlenmesinde kullanılan STS7 ve STS8 belirteçleri bir CAPS belirteci olduğundan dolayı PZR analizi sonucunda elde edilen PZR ürünleri bir enzimatik kesim işlemine tabi tutulmuştur. Önceki çalışmalarda da belirlendiği üzere dayanıklılık genine sahip genotiplerin enzimatik kesim öncesinde 478 bp (Zhang vd. 2020) uzunluğunda bir fragmana sahip olduğu kesim sonrasında ise 308 bp (Tekin vd. 2021) uzunluğunda bir fragmana sahip olduğu bilinmektedir.

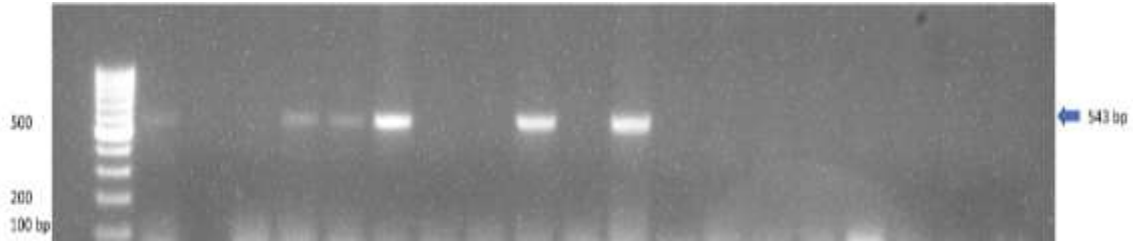
Bu çalışma kapsamında *Yr5* geninin tespiti için yapılan PZR analizleri sonucunda çoğaltılan ürünler agaroz jel elektroforezi ile yürütülmüştür. Elde edilen jel görüntüleri Şekil 4.1’de verilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda 54 adet makarnalık buğday çeşidinin hiçbirinde *Yr5* dayanıklılık geni bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 7.1).



Şekil 4.1. STS7/8 belirteçleri ile çoğaltılan ürünlerin bant görüntüleri (L: 20 bp)

Bilindiği üzere *Yr5* dayanıklılık geni *Yr15* dayanıklılık geni ile birlikte buğday sarı pas etmeni *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst*)’ye karşı küresel ölçekte dayanım sağlandığı bilinen dayanıklılık genleridir. Buğday ıslah programlarında sarı pas hastalığına dayanım gösteren çeşitlerin geliştirilmesinde özellikle *Yr5* geninin kullanıldığı bilinmektedir. Şimdiye kadar Hindistan (Nagarajan 1986), Avustralya (Wellings ve McIntosh 1990), Pakistan (İbrahim vd. 2015), Çin (Zhang vd. 2020) ve son olarak Türkiye (Tekin vd. 2021)’de rapor edilen ırklar haricinde bu dayanıklılık genine virulent başka bir ırk bulunmamaktadır. Bu raporlarda da elde edilen sonuçlar sadece bir izolat bakımından bulunmuş olup ırkların yaygınlığına dönük herhangi bir bulgu şu ana kadar rapor edilmemiştir. Öte yandan *Yr5* dayanıklılık geninin buğday genetik kaynakları içerisindeki dağılımlarının da oldukça az olduğu bilinmektedir. Tabassum vd. (2010) Pakistan’da yürüttükleri araştırmada, Pakistan’da tescil edilen toplamda 100 çeşidin hiçbirisinde *Yr5* dayanıklılık geninin tespit edilmediğini bildirmiştir. Zeng vd. (2014) de benzer şekilde Çin’de yaptıkları araştırmada Çin’de tescil edilmiş 330 buğday çeşidi ve 164 ileri ıslah hattı içerisinde sadece 2 genotipin *Yr5* dayanıklılık genine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Li vd. (2016) tarafından Çin buğday çeşitleri kullanılarak yürütülen başka bir çalışmada da 115 çeşidin 5’inde *Yr5* geninin varlığı bildirilmiştir. Yukarıda özetlenen çalışmalardan da anlaşılacağı üzere bu çalışma kapsamında makarnalık buğday çeşitleri arasında *Yr5* dayanıklılık geninin tespit edilememesinin olası bir sonuç olduğu düşünülmektedir.

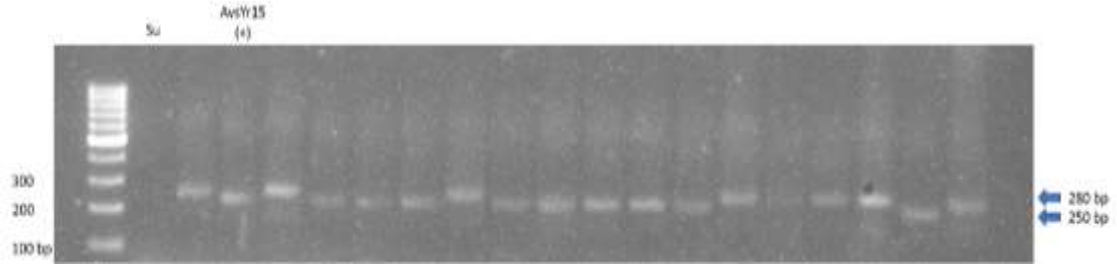
Yr10 geni için yapılan PZR analizi sonucunda 54 çeşidin 12'sinde bu genin varlığı belirlenmiştir (Çizelge 7.1). PZR'de çoğaltılan ürünlere ait agaroz jel elektroforezi görüntüsü Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. *YR10F/R* belirteçleri ile çoğaltılan ürünlerin bant görüntüleri (L: 100 bp)

Yr10 geni de sarı pas hastalık etmeni *Pst*'ye karşı dayanıklılık sağladığı bilinen en önemli dayanıklılık genlerinden birisidir. Sharma-Poudyal vd. (2013) Türkiye'den de 53 izolatın yer aldığı uluslararası bir *Pst* koleksiyonu kullanarak yürüttüğü çalışmasında Türkiye'deki birçok izolatın en azından 11 dayanıklılık genine çok yüksek oranda virulent olduğunu ancak *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* genlerine avirulent olduğunu bildirmiştir. Ali vd. (2018) de Nepal *Pst* populasyonlarının da *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr24* ve *Yr26* genlerine karşı avirulent olduğunu rapor etmiştir. Ancak bu dayanıklılık genine virulent ırkların yaygınlığının arttığı son yıllarda bildirilmektedir. Afshari (2013) İran'dan toplanan izolatların düşük bir frekansta (%2.9) da olsa *Yr10* dayanıklılık genine virulent olduğunu bildirmiştir. Gharbarnia vd. (2021) 1984-2017 yılları arasında Kanada'dan toplanan *Pst* izolatlarını kullanarak yürüttüğü çalışmasında tüm izolatların halen *Yr1*, *Yr5* ve *Yr15* dayanıklılık genlerine avirulent olduğunu ancak *Yr10* ve *Yr27* dayanıklılık genlerine virulent olan ve ilk kez 2010 yılında tespit edilen bazı ırkların frekansının giderek arttığını bildirmiştir. Ülkemizin Ege ve Akdeniz bölgelerinden toplanan *Pst* izolatları kullanılarak yürütülen bir çalışmada da ilk kez *Yr10* virulent ırkların tespit edildiği ve bu ırkların frekansının %25 olduğu bildirilmiştir (Cat vd. 2021). 2000 yılından sonra ülkemizde yada ülkemizden toplanan *Pst* izolatları kullanılarak yürütülen uluslararası çalışmalar dikkate alındığında ülkemizdeki en yaygın genetik grubun *PstS2* olduğu bilinmektedir (Walter vd. 2016). Ancak Hovmoller vd. (2020) tarafından *Yr10*-virulent olarak tanımlanan ve buğday haricinde özellikle tritikalede yüksek virülansa sahip olan ME2018 ve *PstS13* genetik gruplarının son yıllarda ülkemizde görüldüğü bildirilmiş ve Cat vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada da bu veri doğrulanmıştır. Öte yandan dünya genelinde *Yr10* dayanıklılık geninin genotipler arası frekansının *Yr5* genine göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Zheng vd. (2017) Çin'de yetiştirilen buğday çeşitlerini kullanarak yürüttüğü çalışmasından *Yr10* dayanıklılık geninin frekansının ıslah hatlarında %16.67, köy çeşitlerinde %38.82, modern çeşitlerde %13.57 ve introdüksiyon şeklinde tescil edilenlerde ise %15.54 olduğunu bildirmiştir. Öte yandan Gebreslasie vd. (2020) tarafından Etiyopya buğday çeşitleri ve ıslah hatları kullanılarak yürütülen çalışmada genotiplerin hiçbirinde *Yr5*, *Yr8*, *Yr10* ve *Yr15* dayanıklılık genlerinin bulunmadığı rapor edilmiştir. 185 ekmeklik buğday kullanılarak ülkemizde yürütülen bir çalışmada ise 10 çeşidin *Yr10* dayanıklılık genine sahip olduğu bildirilmiştir (Akar vd. 2019).

Yr15 geni için yapılan PZR analizi sonucunda 54 çeşidin 17'sinde bu genin varlığı belirlenmiştir (Çizelge 7.1). PZR'de çoğaltılan ürünlere ait agaroz jel elektroforezi görüntüsü Şekil 4.3'de verilmiştir.

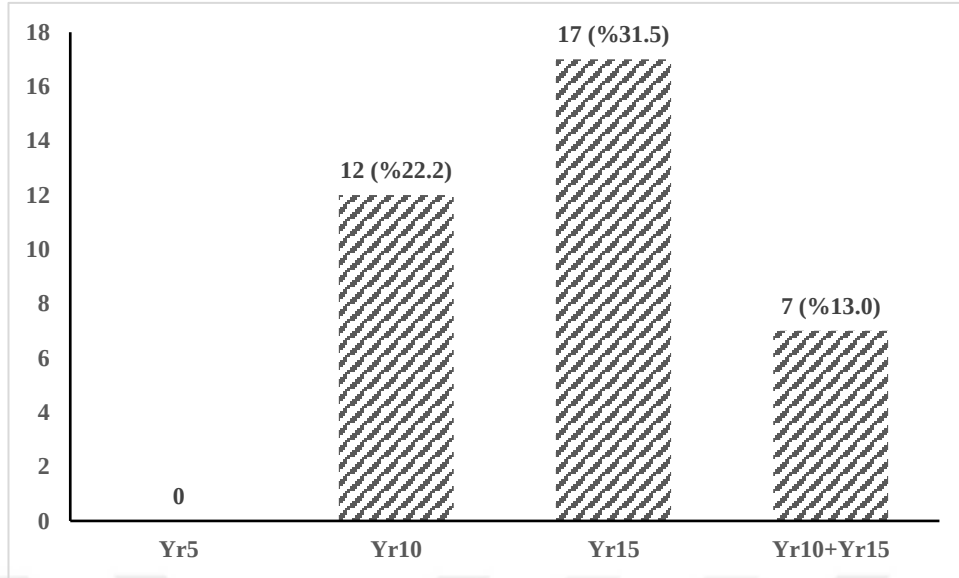


Şekil 4.3. *Xbarc8* belirteci ile çoğaltılan ürünlerin bant görüntüleri (L: 100 bp)

Yukarıda da belirtildiği gibi şu ana kadar dünya genelinde *Yr15* dayanıklılık genine virulent bir ırk rapor edilmemiştir. Şu ana kadar ülkemizde yürütülen bir çok çalışmada da bu dayanıklılık genine virulent bir ırk olmadığı görülmektedir (Anonim 2004; Mert vd. 2012, 2016; Cat vd. 2021). Tabassum vd. (2010) Pakistan'da yürüttükleri bir araştırmada, Pakistan'da tescil edilmiş 100 buğday çeşidinin hiçbirinde *Yr15* geninin bulunmadığını rapor etmiştir. Zeng vd. (2014) de benzer şekilde Çin'de yaptıkları araştırmada Çin'de tescil edilmiş 330 buğday çeşidi ve 164 ileri ıslah hattında *Yr15* geninin bulunmadığını bildirmiştir. Li vd. (2016) tarafından 115 buğday çeşidi kullanılarak Çin'de yapılan bir diğer çalışmada da çeşitlerin hiçbirisinde *Yr15* geninin bulunmadığı rapor edilmiştir. Gebreslasie vd. (2020) Etiyopya buğday çeşitleri ve ıslah hatlarını kullandıkları çalışmada yukarıda özetlenen diğer çalışmalarla benzer şekilde genotiplerin *Yr15* genine sahip olmadığını bildirmiştir.

Diğer ülke genetik kaynaklarına bakıldığında bu çalışma kapsamında 17 farklı çeşitte *Yr15* dayanıklılık geninin tespit edilmesi bundan sonra yürütülecek ıslah çalışmaları için oldukça umut vericidir. Bilindiği üzere *Yr15* dayanıklılık geninin donörü G25 adında bir yabancı gernik (*Triticum turgidum* var. *dicoccoides*) genotipidir. Gerechter-Amitai vd. (1989) bu dayanıklılık geninin diğer yabancı gernik genotiplerinde de var olduğunu iddia etmiştir. Bu çalışmada Berkmen 469, Kunduru 1149, Fata ve bu anaçlar ve Uveyik köy çeşidi kullanılarak oluşturulan gen havuzundan seçilerek geliştirilen çeşitlerin birçoğu *Yr15* dayanıklılık genine sahiptir. Yabancı gernik türünün gen merkezinin ülkemizde yer alan Karacadağ bölgesi olduğu bilinmektedir (Ozkan vd. 2002) ve dolayısıyla ülkemizdeki makarnalık köy çeşitlerinde böyle bir varyasyonun olması beklenen bir durumdur.

Öte yandan sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde *Yr5* geninin hiçbir çeşitte tespit edilmediği *Yr10* dayanıklılık geninin ise 12 ve *Yr15* geninin 17 çeşitte tespit edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.4, Çizelge 7.1). Ayrıca Berkmen 469, Kızıltan 91, Altın 40/98, Yılmaz 98, Çeşit-1252, İmren ve Kunduru 1149 çeşitlerinin *Yr10* ve *Yr15* genlerini birlikte taşıdığı belirlenmiştir. Dolayısıyla elde edilen bu sonuçların bundan sonra yürütülecek makarnalık buğday ıslah çalışmaları için oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.4. Dayanıklılık genleri tespit edilen çeşitlerin sayıları

4.2. Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Doğal Epidemik Şartlarında Fenotipik Tanımlanması

Çalışma kapsamında 54 adet makarnalık buğday çeşidinin doğal koşullar altında sarı pas enfeksiyonu değerlendirilmiş ve hastalık reaksiyonu ile ilgili elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde, 54 makarnalık buğday çeşidinin 21’si R, 5’i MR, 5’i MS ve 4’ü S enfeksiyon tipine sahip olurken 19 çeşitte herhangi bir enfeksiyon belirtisi gözlenmemiştir. Çeşitler arasında en yüksek enfeksiyon katsayısına sahip çeşitler Kunduru 414/44 (40), Eyyubi (40), Berkmen 469 (30) ve Tunca 79 (30) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Uzun yıllar iklim ve hastalık gözlemleri ile karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılacak olursa çalışmanın yürütüldüğü 2019-2020 üretim sezonunda makarnalık buğday çeşitleri üzerinde yoğun bir doğal hastalık etmeni baskısı görülmediği söylenebilir. Her ne kadar populasyon genelinde böyle bir durum oluşmuşsa da denemenin yürütüldüğü alanda kenar tesiri olarak ekilen Morocco (hassas) çeşidinin 70S seviyesine ulaştığı gözlenmiştir. Hassas çeşidin bu hastalık belirtisine ulaşmasından sonra 2 hafta aralıklarla 2 hastalık okuması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca birinci hastalık okumasından sonra hava sıcaklığının aniden yükselmesinden dolayı bitkiler üzerinde hastalık gelişimi yavaşladığı gözlenmiştir. Nemi artırarak bulaşı yaygınlaştırmak amacıyla yağmurlama sulama sistemi ile sık aralıklarla sulama yapılmasına karşın istenen hastalık yaygınlık seviyesine ulaşamadığı görülmüştür.

Çizelge 4.1. Makarnalık buğday çeşitlerinin sarı pasa karşı ergin dönem dayanıklılık durumları

No	Çeşit	Enfeksiyon tipi ve şiddeti	Enfeksiyon katsayısı	No	Çeşit	Enfeksiyon tipi ve şiddeti	Enfeksiyon katsayısı
1	Akbaşak 073/144	5R	1	28	Fırat-93	20MS	12
2	Kunduru 414/44	40S	40	29	Artuklu	TR	0
3	Berkmen 469	30S	30	30	Eyyubi	40S	40
4	Çakmak 79	0	0	31	Şahinbey	TR	0
5	Kızıltan 91	0	0	32	Zühre	10MR	4
6	Altın 40/98	0	0	33	Güney Yıldızı	TR	0
7	Yılmaz 98	0	0	34	Gediz-75	5R	1
8	Ankara 98	0	0	35	Ege 88	0	0
9	Çeşit-1252	0	0	36	Salihli 92	TR	0
10	Mirzabey 2000	0	0	37	Şölen 2002	10MR	4
11	Eminbey	TR	0	38	Tüten 2002	0	0
12	İmren	TR	0	39	GAP	TR	0
13	Kunduru 1149	TR	0	40	Turabi	20MS	12
14	Altıntaş 95	TR	0	41	Sham-1	10MS	6
15	Kümbet 2000	0	0	42	Amanos-97	10R	2
16	Yelken 2000	5MS	3	43	Fuatbey 2000	TR	0
17	Dumlupınar	0	0	44	Sarı Başak	TR	0
18	Fata Sel	0	0	45	Akçakale-2000	TR	0

Çizelge 4.2'nin devamı

19	Selçuklu-97	10MS	6	46	Gündaş	0	0
20	Meram-2002	TR	0	47	Özberk	TR	0
21	Tunca 79	30S	30	48	Pınar-2001	5MR	1
22	Gökgöl 79	10MR	4	49	Zenit	5MR	1
23	Diyarbakır-81	TR	0	50	Svevo	0	0
24	Ceylan 95	TR	0	51	Levante	0	0
25	Sarı çanak 98	5R	1	52	Saragolla	0	0
26	Altın toprak 98	5R	1	53	Maestrale	0	0
27	Aydın-93	TR	0	54	Bisante	TR	0

5. SONUÇLAR

Puccinia striiformis f. sp. *tritici* (*Pst*)'nin neden olduğu sarı pas hastalığı dünya genelinde yaygın olan önemli bir buğday hastalığıdır. Bu hastalık ile mücadelede, en etkili kontrol yöntemi dayanıklı çeşit kullanımıdır. Bu çalışmada ülkemizde tescil edilmiş 54 adet tescilli makarnalık buğday çeşidinde dünya genelinde sarı pasa karşı dayanıklılık sağladığı bilinen *Yr5*, *Yr10* ve *Yr15* dayanıklılık genlerinin varlığı araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre;

1. 54 makarnalık buğday çeşidinin hiçbirinde *Yr5* dayanıklılık genine rastlanmamış olup, 12 tanesinin *Yr10* ve 17 tanesinin *Yr15* dayanıklılık genine sahip olduğu belirlenmiştir.
2. Ayrıca 7 çeşidin (Berkmen 469, Kızıltan 91, Altın 40/98, Yılmaz 98, Çeşit-1252, İmren ve Kunduru 1149) hem *Yr10* hem de *Yr15* genini taşıdığı tespit edilmiştir.
3. Elde edilen sonuçların *Pst*'ye dayanıklılık için yürütülecek makarnalık buğday ıslah programlarında yararlı olacağı düşünülmektedir.
4. Özellikle ülkemizin geçit bölgelerinde yıllardır yetiştirilen makarnalık buğday çeşitleri Kunduru, Kızıltan 91 ve Çeşit-1252'nin hem *Yr10* hem de *Yr15* dayanıklılık genine sahip olması sevindiricidir ve hastalık epidemisi için uygun şartların oluşması durumunda ülkemizde yerleşik *Pst* popülasyonlarına karşı yüksek derecede dayanım sağlayabileceğini göstermektedir.
5. Her ne kadar doğal epidemi şartlarında yürütülen tarla denemesinde çeşitlerin hastalık dayanımı hakkında yeterli sonuç alınamasa da son yıllarda ülkemizde yürütülen çalışmalar ırk değişimlerinin yaşandığını ve yaşanabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla bu tarz çalışmaların yeni ıslah edilen çeşitlerde ve ıslah hatlarında yapılmasının oldukça elzem olduğu düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition, Elsevier Academic Press, USA.
- Bahri, B., Shah, S.J.A., Hussain, S., Leconte, M., Enjalbert, J. and de Vallavieille-Pope, C. 2011. Genetic diversity of the wheat yellow rust population in Pakistan and its relationship with host resistance. *Plant Pathology*, 60: 649-660.
- Brar, G.S. and Kutcher, H.R. 2016. Race characterization of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, the cause of wheat stripe rust in Saskatchewan and Southern Alberta, Canada and virulence comparison with races from the United States. *Plant Disease*, 10(8): 1744-1753.
- Braun, H.J. and Saari, E.E. 1992. An assessment of the potential of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* to cause yield losses in wheat on the Anatolian plateau of Turkey. *Vortr. Pflanzenzuchtg*, (24): 121-123.
- Bux, H., Rasheed, A., Mangrio, S.M., Abro, S.A., Shah, S.J.A., Ashraf, M. and Chen, X. 2012. Comparative virulence and Molecular diversity of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) collections from Pakistan and United States. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14: 851-860.
- Cat, A., Tekin, M., Akan, K., Akar, T. and Catal, M. 2021. Races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* identified from the coastal areas of Turkey. *Canadian Journal of Plant Pathology*, doi: 10.1080/07060661.2021.1978000
- Chen, X.M., Moore, M., Milus, E.A., Long, D.L., Line, R.F., Marshall, D. and Jackson, L. 2002. Wheat stripe rust epidemics and races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the United States in 2000. *Plant Disease*, 86: 39-46.
- Chen, X., Soria, M.A., Yan, G., Sun, J. and Dubcovsky, J. 2003. Development of sequence tagged site and cleaved amplified polymorphic sequence markers for wheat stripe rust resistance gene *Yr5*. *Crop Science*, 43(6): 2058-2064.
- Chen, X.M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) on wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27: 314-337.
- Chen, X.M. 2007. Challenges and solutions for stripe rust control in the United States. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58: 648-655.
- Chen, W.Q., Wu, L.R., Liu, T.G., Xu, S.C., Jin, S.L., Peng, Y.L. and Wang, B.T. 2009. Race dynamics, diversity, and virulence evolution in *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, the causal agent of wheat stripe rust in China from 2003 to 2007. *Plant Disease*, 93: 1093-1101.
- Cheng, P. and Chen, X.M. 2014. Virulence and Molecular analyses support asexual reproduction of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the U.S. Pacific Northwest. *Phytopathology*, 104: 1208-1220.

- Collard, B.C.Y. and Mackill, D.J. 2008. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 557-572.
- Çetin, L., Düşünceli, F., Albustan, S., Bolat, N., Yıldırım, A.F., Hekimhan, H., Camcı, H. ve Ekiz, H. 2000. 1995-1998 yılları arasında Orta Anadolu buğday alanlarında sarı pas (*Puccinia striiformis*) virulanslarının dört lokasyonda kapan norserileriyle belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Konya, Türkiye, s. 414-417.
- Düşünceli, F., Cetin, L., Albustan, S. and Ekiz, H. 2000. Orta Anadolu buğday ekilişlerinde pas hastalıklarının (*Puccinia* spp.) yaygınlığı, önemi ve alınması gereken tedbirler. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunlar ve Çözüm Yollar Sempozyumu, Konya, Türkiye, 8-11 Haziran 1999. s.693-696.
- Enjalbert, J., Duan, X., Giraud, T., Vautrin, D., de Vallavieille-Pope, C. and Solignac, M. 2002. Isolation of twelve microsatellite loci, using an enrichment protocol, in the phytopathogenic fungus *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Molecular Ecology Notes*, 2: 563-565.
- Gassner, G. and Straib, W. 1932. Die bestimmung der biologische rasen des weizengelbrostes (*Puccinia glumarum* f.sp. *tritici* (Schmt.) Erikss. und Henn). Arbeiten des Forschungsinstitutes fiir Kar-toffelbau an der Biologischen Reiehsanstalt fiir Land- und Forstwirtschaft, 20: 141-163.
- Gassner, G. and Straib, W. 1933. Über mutation in einer biologischen Rasse von *Puccinia glumarum tritici* (Schmidt). Erikss. U. Henn. Zeitschrift für Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre 63: 154-160.
- Gerechter-Amitai, Z.K., Van Silfhout, C.H., Grama, A. and Kleitman, F. 1989. Yr15-a new gene for resistance to *Puccinia striiformis* in *Triticum dicoccoides* sel. G-25. *Euphytica*, 43(1-2): 187-190.
- Goutam, U., Kukreja, S., Yadav, R., Salaria, N., Thakur, K. and Goyal, A.K. 2015. Recent trends and perspectives of molecular markers against fungal diseases in wheat. *Frontiers in Microbiology*, 6: 861.
- Gupta, P.K., Langridge, P. and Mir, R.R. 2010. Marker-assisted wheat breeding: present status and future possibilities. *Molecular Breeding*, 26: 145-161.
- Hovmöller, M.S. and Justesen, A.F. 2007. Rates of evolution of avirulence phenotypes and DNA markers in a northwest European population of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Molecular Ecology*, 16: 4637-4647.
- Hovmöller, M.S., Yahyaoui, A.H., Milus, E.A. and Justesen, A.F. 2008. Rapid global spread of two aggressive strains of a wheat rust fungus. *Molecular Ecology*, 17: 3818-3826.
- İren, S. 1964. Türkiye'de 1963 yılı hububat pas türleri ve zarar ve yayılışları üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 4: 141159.

- Johnson, R., Stubbs, R.W., Fuchs, E. and Chamberlain, N.H. 1972. Nomenclature for physiological races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. *Transactions of the British Mycological Society*, 58: 475-480.
- Joshi, R.K. and Nayak, S. 2010. Gene pyramiding- A broad spectrum technique for developing durable stress resistance in crops. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, 5(3): 51-60.
- Kloppers, F.J. and Pretorius, Z.A. 1997. Effects of combinations amongst genes *Lr13*, *Lr34* and *Lr37* on components of resistance in wheat to leaf rust. *Plant Pathology*, 46: 737-750.
- Kuraparthi, V., Chhuneja, P., Dhaliwal, H.S., Kaur, S., Bowden, R.L. and Gill, B.S. 2007. Characterization and mapping of cryptic alien introgression from *Aegilops geniculata* with new leaf rust and stripe rust resistance genes *Lr57* and *Yr40* in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(8): 1379-1389.
- Liu, J., Liu, D., Tao, W., Li, W., Wang, S., Chen, P., Cheng, S. and Gao, D. 2000. Molecular marker-facilitated pyramiding of different genes for powdery mildew resistance in wheat. *Plant Breeding*, 119: 21-24.
- Li, Q., Wang, B., Chao, K., Guo, J., Song, J., Yue, W., and Li, Q. 2016. Molecular detection of stripe rust resistance gene (s) in 115 wheat cultivars (lines) from the Yellow and Huai River valley wheat region. *Journal of Phytopathology*, 164(11-12), 946-958.
- Louwers, J.M., van Silfhout, C.H. and Stubbs, R.W. 1992. Race analysis in wheat in developing countries. Report 1990–1992. IPO-DLO Report 1992-11, pp. 23.
- Macer, R.C.F. 1966. The formal and monosomic genetic analysis of stripe rust (*Puccinia striiformis*) resistance in wheat. In: Mackey J (Ed), Proceedings of 2nd International Wheat Genetics Symposium, Lund, Sweden, pp. 127-142.
- Mamluk, O.F., Cetin, L., Braun, H.J., Bolat, N., Bertschinger, L., Makkouk, K.M., Yildirim, A.F., Saari, E.E., Zencirci, N., Albustan, S., Cali, S., Beniwal, S.S. and Dusunceli, F. 1997. Current status of wheat and barley diseases of Central Anatolia Plateau of Turkey. *Phytopathology*, 36: 167-181.
- McIntosh, R.A., Dubcovsky, J., Rogers, W.J., Morris, C., Appels, R. and Xia, X.C. 2017. Catalogue of gene symbols for wheat: 2015-2016 supplement. <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2015.pdf> (Erişim 26 Mart 2021).
- Mert, Z. 2010. Ülkesel Serin İklim Tahıl Hastalıkları Araştırmaları Projesi. Serin İklim Tahılları Araştırmaları Program Değerlendirme Toplantısı, Antalya, Yayınlanmamış.
- Mert, Z., Nazari, K., Karagoz, E., Akan, K., Ozturk, I. and Tulek, A. 2016. First incursion of the warrior race of wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) to Turkey in 2014. *Plant Disease*, 100(2): 528.

- Özgen, M., Kınacı, E. 1985. Bitkilerde hastalıklara Dayanıklılık, Dayanıklılık Islahı Yöntemleri ve Yeni Gelişmeler. Buğday ve Mısır Hastalıkları Semineri, Ankara, s.69-86.
- Randhawa, M., Bansal, U., Valárik, M., Klocová, B., Doležel, J. and Bariana, H. 2014. Molecular mapping of stripe rust resistance gene Yr51 in chromosome 4AL of wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 127: 317-324.
- Stubbs, R.W. 1988. Pathogenicity analysis of yellow (stripe) rust of wheat and its significance in a global context. In: Simmonds N.W., Rajaram, S. (Eds), *Breeding Strategies for Resistance to the Rusts of Wheat*, CIMMYT, Mexico, pp. 23-38.
- Sun, G.L., Fahima, T., Korol, A.B., Turpeinen, T., Grama, A., Ronin, Y.I. and Nevo, E. 1997. Identification of molecular markers linked to the Yr15 stripe rust resistance gene of wheat originated in wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*. *Theoretical and Applied Genetics*, 95: 622-628.
- Tekin, M., Cat, A., Akan, K., Akar, T. and Catal, M. 2021. A new virulent race of wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) on the resistance gene Yr5 in Turkey. *Plant Disease*, doi: 10.1094/PDIS-03-21-0629-PDN
- Wan, A.M. and Chen, X.M. 2014. Virulence characterization of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* using a new set of Yr single-gene line differentials in the United States in 2010. *Plant Disease*, 98: 1534-1542.
- Wan, A.M., Chen, X.M. and Yuen, J. 2016. Races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the United States in 2011 and 2012 and comparison with races in 2010. *Plant Disease*, 100(5): 966-975.
- Wang, L., Ma, J., Zhou, R., Wang, X. and Jia, J. 2002. Molecular tagging of the yellow rust resistance gene Yr10 in common wheat, PI 178383 (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 124: 71-73.
- Wang, M.N. and Chen, X.M. 2013. First report of Oregon grape (*Mahonia aquifolium*) as an alternate host for the wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) under artificial inoculation. *Plant Disease*, 97: 839.
- Wellings, C.R., McIntosh, R.A. and Walker, J. 1987. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in eastern Australia-possible means of entry and implications for plant quarantine. *Plant Pathology*, 36: 239-241.
- Wellings, C.R. and McIntosh, R.A. 1990. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Australasia: Pathogenic changes during the first 10 years. *Plant Pathology*, 39: 316-325.
- Wellings, C.R., Wright, D.G., Keiper, F. and Loughman, R. 2003. First detection of wheat stripe rust in Western Australia: evidence for a foreign incursion. *Australasian Plant Pathology*, 32: 321-322.

- Wellings, C.R. 2007. *Puccinia striiformis* in Australia: a review of the incursion, evolution, and adaptation of stripe rust in the period 1979–2006. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58: 567–575.
- Zeng, Q.D., Han, D.J., Wang, Q.L., Yuan, F.P., Wu, J.H., Zhang, L., Wang, X.J., Huang, L.L., Chen, X.M. and Kang, Z.S. 2014. Stripe rust resistance and genes in Chinese wheat cultivars and breeding lines. *Euphytica*, 196(2): 271-284.
- Zeybek, A. and Yiğit, F. 2004. Determination of virulence genes frequencies in wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) populations during natural epidemics in the regions of Southern Aegean and Western Mediterranean in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(11): 1967-1971.
- Zhan, G., Chen, X., Kang, Z., Huang, L., Wang, M., Wan, A., Cheng, P., Cao, S. and Jin, S. 2012. Comparative virulence phenotypes and molecular genotypes of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, the wheat stripe rust pathogen in China and the United States. *Fungal Biology*, 116: 643-653.
- Zhang, G.S., Zhao, Y.Y., Kang, Z.S. and Zhao, J. 2020. First report of a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* race virulent to wheat stripe rust resistance gene *Yr5* in China. *Plant Disease*, doi: 10.1094/PDIS-05-19-0901-PDN
- Zhao, J., Wang, L., Wang, Z., Chen, X., Zhang, H., Yao, J., Zhan, G., Chen, W., Huang, L. and Kang, Z. 2013. Identification of eighteen *Berberis* species as alternate hosts of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* and virulence variation in the pathogen isolates from natural infection of barberry plants in China. *Phytopathology*, 103: 927-934.

7. EKLER

Çizelge 7.1. Makarnalık buğday çeşitlerinin dayanıklılık gen içerikleri

No	Çeşit	Yr5	Yr10	Yr15
1	Akbaşak 073/144	-	-	-
2	Kunduru 414/44	-	-	-
3	Berkmen 469	-	+	+
4	Çakmak 79	-	+	-
5	Kızıltan 91	-	+	+
6	Altın 40/98	-	+	+
7	Yılmaz 98	-	+	+
8	Ankara 98	-	-	-
9	Çeşit-1252	-	+	+
10	Mirzabey 2000	-	-	+
11	Eminbey	-	-	+
12	İmren	-	+	+
13	Kunduru 1149	-	+	+
14	Altıntaş 95	-	+	-
15	Kümbet 2000	-	-	-
16	Yelken 2000	-	-	-
17	Dumlupınar	-	+	-
18	Fata (Sel)	-	-	+
19	Selçuklu-97	-	+	-
20	Meram-2002	-	-	+
21	Tunca 79	-	-	+
22	Gökgöl 79	-	-	+

Çizelge 7.1'in devamı

23	Diyarbakır-81	-	-	-
24	Ceylan 95	-	-	-
25	Sarı çanak 98	-	-	-
26	Altın toprak 98	-	-	-
27	Aydın-93	-	-	-
28	Fırat-93	-	-	-
29	Artuklu	-	-	-
30	Eyyubi	-	-	-
31	Şahinbey	-	-	-
32	Zühre	-	-	-
33	Güney Yıldızı	-	-	-
34	Gediz-75	-	-	-
35	Ege 88	-	-	-
36	Salihli 92	-	-	-
37	Şölen 2002	-	-	+
38	Tüten 2002	-	-	-
39	GAP	-	-	-
40	Turabi	-	-	-
41	Sham-1	-	+	-
42	Amanos-97	-	-	-
43	Fuatbey 2000	-	-	-
44	Sarı Başak	-	-	-
45	Akçakale-2000	-	-	-
46	Günduş	-	-	-

Çizelge 7.1'in devamı

47	Özberk	-	-	-
48	Pınar-2001	-	-	+
49	Zenit	-	-	-
50	Svevo	-	-	+
51	Levante	-	-	-
52	Saragolla	-	-	-
53	Maestrane	-	-	+
54	Bisante	-	-	-

ÖZGEÇMİŞ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2010-2015	Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

İşletme Mühendisi	müdürü (Ziraat)	Petektar Tohumculuk Ltd. Şti.
----------------------	-----------------	-------------------------------