

Pyrenophora teres'de Patojenik Varyasyon

Arzu ÇELİK OĞUZ Aziz KARAKAYA

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 06110 Dışkapı Ankara

Özet

Pyrenophora teres'in neden olduğu ağ benek hastalığı dünyada olduğu gibi ülkemizde de arpa hastalıkları arasında kaliteyi ve verimi etkileyen önemli bir hastalıktır. Hastalığa sebep olan patojenin iki tipinden *Pyrenophora teres* Drechs. f. *teres* Smedeg. ağ tipi belirtilere, *P.teres* f. *maculata* Smedeg. nokta tipi belirtilere neden olmaktadır. Funguslarda, çeşitli yollar ile virülenslik düzeylerinde değişiklikleri ortaya çıkabilmekte ve dayanıklı olarak belirlenen genotipler bu değişiklikler sonucu ortaya çıkan yeni virulent patotiplere karşı zamanla hassas reaksiyon verebilmektedir. Yetiştirilmekte olan arpa çeşitlerinin dayanıklılık durumları virulent patotiplerce etkilenebilir. Başarılı bir yetiştirme programı için çeşitlerin tepkilerinin belirlenmesi, olası dayanıklı genotiplerin tespit edilmesi ve ağ benek patojeninin virülens değişikliğinin bilinmesi önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, *P. teres* f. *teres* ve *P. teres* f. *maculata* etmenlerinin virülensliğinin değişik bölgelerdeki farklılığı ve konukçu dayanıklılığı rapor edilmiştir. *P.teres*'in virülensliğinin sürekli olarak izlenmesi, bu patojenin dayanıklılık kalıtımı çalışmalarına katkıda bulunmakta ve *P.teres*'e karşı dayanıklılık stratejileri geliştirmeye yardımcı olmaktadır.

Anahtar kelimeler: *Pyrenophora teres*, *Drechslera teres*, hastalıklara dayanıklılık, patotipler, virülens

Pathogenic Variation in *Pyrenophora teres*

Abstract

Net blotch caused by *Pyrenophora teres* is an important disease of barley affecting quality and yield. There are two biotypes of the pathogen. *Pyrenophora teres* Drechs. f. *teres* Smedeg. causes the net form of net blotch and *P. teres* f. *maculata* Smedeg. causes the spot form of net blotch. In fungi, with various mechanisms, change in virulence can occur and in time, resistant genotypes can be susceptible to new virulent pathotypes. Currently grown cultivars can be affected by new virulent pathotypes. For a successful growing program, determination of the response of the cultivars, determination of the resistant genotypes and obtaining information about the changes in virulence pattern of net blotch pathogen are necessary. In this study, host resistance and changes in virulence status of *P. teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* in different regions are reported. Monitoring changes in virulence status of pathogen will help in genetic resistance studies and in developing suitable resistance strategies against the pathogen.

Key words: *Pyrenophora teres*, *Drechslera teres*, disease resistance, pathotypes, virulence

Giriş

Ülkemizde ve dünyada ekonomik öneme sahip olan arpa bitkisi (*Hordeum vulgare* L.) Anadolu'da yaklaşık 10 bin yıldan beri yetiştirilen en eski kültür bitkilerinden birisidir

(Kün, 1996). Arpa yaprak hastalıkları üretim, ürün ve kalite üzerinde etkilidirler. Arpa yaprak hastalıkları içinde en önemlilerinden biri olan ağ benek hastalığı da hem ülkemizde hem de dünyada arpa ekimi yapılan tüm alanlarda verimde önemli azalmalara yol

açmakta ve aynı zamanda kaliteyi de düşürmektedir (Shipton ve ark. 1973, Aktaş, 1997). Arpa ağ benek hastalığına ascomycetes sınıfına dahil bir fungus olan *Pyrenophora teres* Drechsler 1923 (Ascomycetes, Pleosporales) neden olmaktadır. Hastalık etmeninin eşeysiz dönemi *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem. eşanlamlısı: *Helminthosporium teres* (Sacc.) olarak isimlendirilmektedir. Hastalığa sebep olan patojenin iki tipi bulunmaktadır. *Pyrenophora teres* Drechs. f. *teres* Smedeg. ağ tipi belirtilere, *P. teres* f. *maculata* Smedeg. ise nokta tipi belirtilere neden olmaktadır (Shipton ve ark. 1973, Mathre, 1982). Nokta formu izolatları ile ağ formu izolatları konidial morfoloji ve koloni karakteristikleri bakımından oldukça benzerlik göstermekte ise de patojenik açıdan farklı oldukları ve ayrıca her bir formun da kendi içinde patojenik farklılıklarının olduğu görülmüştür (Khan ve Tekauz, 1982).

Hastalık dünyanın birçok ülkesinde zaman zaman ortaya çıkıp, büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Shipton et al 1973). Ağ benek hastalığının yaygınlığı yetiştirilen çeşitlerin hassasiyeti ile yakından ilişkilidir. Verim kayıpları, yüksek hassasiyete sahip çeşitlerin yetiştirildiği ve hastalığın yoğun olduğu alanlarda % 100'e ulaşabilmektedir. Ancak daha genel kayıpların %10- 40 arasında değiştiği bilinmektedir (Mathre 1982). Ülkemizde bu hastalıkla ilgili sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Göbelez (1956), hastalığın Ankara, Eskişehir, Çorum, Çankırı ve Akşehir'de yaygın olarak görüldüğünü ve bu yerlerdeki zarar oranının %15-25 arasında olduğunu bildirmiştir.

Hastalık etmeninin nokta ve ağ formu bölgelere göre değişik dağılım durumu gösterebilmektedir (McLean ve ark., 2009, Liu ve ark 2011).Yapılan çalışmalarda Orta Anadolu'da hastalık etmeninin iki biyotipinin mevcut olduğu ve ülkemizde nokta tipinin daha fazla yaygınlık gösterdiği bildirilmiştir (Aktaş 1997, Karakaya ve ark 2014). Öte yandan Damgacı (2014), yaptığı çalışmada ağ tipinin yaygın olduğunu bildirmiştir.

Arpa Ağ Benek Hastalığı Etmeninde Patojenik Varyasyon

Ağ benek hastalığı etmeninde patotip varyasyonu dünyanın birçok arpa yetiştirme alanında görülmektedir (Tekauz, 1990, Liu ve ark 2011). Varyasyon çalışmaları, *Pyrenophora teres* virülenliğinin dağılımı ve oluşumu hakkında bilgi vermekte ve arpa üretim bölgeleri için faydalı olacak dayanıklılık kaynaklarının teşhisinde yardımcı olabilmektedir.

Arpa ağ benek hastalığında patojenik varyasyon üzerine yapılan çalışmalar

Pyrenophora teres etmeninde görülen patojenik çeşitlilik 1949 yılından beri bilinmektedir (Pon, 1949).

Khan ve Boyd (1969) ilk olarak ayırıcı arpa hatlarını kullanarak *P. teres* f. *teres*'in fizyolojik ırklarını belirlemişlerdir. Çalışmada iki arpa hattı kullanılmış, dört farklı ırk tespit edilmiş ve konukçu- patojen interaksiyonunun var olduğu belirgin biçimde görülmüştür. İzleyen yıllarda daha fazla arpa çeşidinin yer aldığı ayırıcı setler kullanılarak patojenin her iki formunda da fizyolojik ırkların ya da patotiplerin belirlenmesi çalışmaları değişik ülkelerde devam etmiştir.

Kanada'da 1973 yılında yapılan bir çalışmada Manitoba, Winnipeg yakınındaki tarlalardan *Pyrenophora teres* izolatları toplanmıştır. 102, 856 ve 858 nolu izolatlar ağ formu, 857, 859, 862 ve C 860-865 nolu izolatlar ise nokta formu belirtileri oluşturmuştur. Toplanan izolatların Betzes, Bonanza, BT 201, Conquest, CI 13663, CI 5791, Keystone, Herta A, Fergus A, Herta B, Fergus B, Herta C, Fergus C ayırıcı arpa çeşit ve hat seti üzerindeki virülenlik düzeyleri belirlenmiştir. Daha önceki raporlarda orta derecede dayanıklı olan Herta ve Fergus çeşitlerinin bu çalışmada her iki formun izolatlarına da hassas olduğu bulunmuştur. Ayrıca dayanıklı hibrid hatları CI 5791 ve BT 201'in üretim alanlarında ağ formuna dayanıklı olduğu ancak nokta formuna daha az dayanıklı olduğu görülmüştür (Tekauz ve Mills, 1974).

Batı Kanada'da *Pyrenophora teres*'in üç biyotipi (2 adet ağ formu ve 1 adet nokta formu) Betzes, Fergus, Bonanza ayırıcı arpa çeşitleri ve CI 5401, CI 5791, CI 5809, CI 7208, CI 8332, CI 8333, CI 9214, CI 9440, CI 9825 ayırıcı arpa hatlarından oluşan set üzerinde denenmiş ve bu çalışma sonucunda CI 9214 hattı, CI 5791 hattından daha dayanıklı olarak bulunmuştur. En yüksek dayanıklılığı CI 9214 hattı, en düşük dayanıklılığı ise Fergus çeşidi göstermiştir (Tekauz ve Buchannon, 1977). Tekauz'un 1978 yılında Alberta, Manitoba ve Saskatchewan'da yaptığı çalışmada ise Alberta'da hastalık şiddetinin genellikle altı sıralı ve iki sıralı arpalarda çok hafif olmasına karşılık Manitoba ve Saskatchewan'daki iki sıralı arpalarda orta düzeye hastalık gözlenmiştir. Yapılan değerlendirmede *Pyrenophora teres*'in bu üç biyotipinden birinin Manitoba'da diğerinin ise Alberta'da yaygın olduğu Saskatchewan'da ise her ikisinin de yaygın olduğu bulunmuştur. Üçüncü biyotip ise sadece Alberta'da iki tarlada ve doğu Manitoba'da bulunmuştur.

Khan ve Tekauz (1982) yaptıkları çalışmada Batı Avustralya ve Kanada'dan toplanan ağ formu ve nokta formu izolatlarının Dampier, Clipper, Beecher, CI 1179, CI 1243, CI 2330, CI 4795, CI 4797, CI 4929, CI 5349, CI 5791, CI 5809, CI 6225, CI 7584 ve CI 9159 dan oluşan 15 ayırıcı arpa genotip seti üzerindeki virülensliklerini denemişlerdir. Batı Avustralya nokta tipi izolatları ve Kanada nokta tipi izolatları ek olarak CI 5791, CI 9214, Betzes, Fairfield, Herta, Klages, Summit, Norbert, Bedford, Bonanza, Melvin, Olli, Steptoe, Hudson, Huron, Dover ayırıcı arpa genotiplerinden oluşan set üzerinde denenmiştir. Her iki sette de patojenik açıdan farklılıklar bulunmuştur. Çok yüksek derecede dayanıklılık nokta tipi izolatlarında nadiren görülmüştür. Çalışmada sadece CI 6225 ve CI 9214 çeşitleri nokta tipi ve ağ tipi izolatların her ikisine de dayanıklı bulunmuştur. Clipper çeşidi ise hassas olarak bulunmuştur.

Ortadoğudan alınan örneklerle yapılan çalışmada 7 virülens tipi tanımlanmıştır. Genellikle *Pyrenophora teres*'in nokta formu belirtisi gösteren izolatlarının ağ formu

belirtisi gösteren izolatlarından daha düşük virülense sahip olduğu gözlenmiştir (Marthre 1982).

1984 yılında Orta Anadolu'dan toplanan 76 *D. teres* izolatından 7 farklı izolat seçilmiştir. *In vitro* ve *in vivo* çalışmaları sonucunda *D. teres* izolatlarının 4 farklı ırk oluşturdukları saptanmıştır. En virulent ırk T4 numaralı fizyolojik ırk olarak bulunmuştur. Dört farklı ırk ayırıcı arpa çeşitleri olan Park, Robust, Morex ve Larke üzerinde denenmiş ve en yüksek dayanıklılığı Park çeşidinin daha sonra Robust ve Morex çeşitlerinin verdiği en hassas tepkiyi ise Larke çeşidinin verdiği bulunmuştur. En virulent olan T4 ırkına karşı 59 arpa çeşit ve hattı kullanılarak yapılan denemede ise 35 genotip hassas, 16'sı orta derecede hassas, 8'i ise orta derecede dayanıklı olarak bulunmuştur (Aktaş, 1987).

1985-1987 yıllarında yapılan bir çalışmada, *Pyrenophora teres* f. *teres*'e dayanıklılık; enfeksiyon tepkisi (lezyonun boyutu ve tipi), tarla koşullarında hastalık ilerleme eğrisi, hastalık şiddeti ve enfeksiyon oranı dikkate alınarak Hazera, Beecher, Kombar, Atlas, Cape, UC 603, Tifang genotiplerinin oluşturduğu arpa seti üzerinde çalışılmıştır. Hassas kontrol olarak Kombar, dayanıklı kontrol olarak Tifang çeşidinin kullanıldığı çalışmada Kombar tarla koşullarında hassas-orta hassas tepki vermiş Tifang ise dayanıklı tepki vermiştir. Atlas, Beecher, Hazera, Cape, ve UC 603 çeşitlerinin enfeksiyona tepkileri uyumlu derecede görülmüş olup tarla koşullarında hastalık ilerleme eğrisi ile ölçüldüğünde her biri üzerinde hastalık ilerlemesi Kombar çeşidinden daha düşük olarak bulunmuştur. Bu beş genotipin de *Pyrenophora teres* f. *teres*'e farklı düzeylerde dayanıklılık gösterdiği görülmüştür. Çevresel etkenler ve inokulum miktarının hastalığın kantitatif dayanıklılığının ekspresyonunu etkileyebileceği belirtilmiştir. Cape ve UC 603 genotipleri yüksek derecede dayanıklılık sergilemişlerdir. Bu çeşitlerin dayanıklı arpa formları olarak yetiştiricilik programlarına dahil edilebileceği önerilmiştir (Steffenson ve Webster, 1992a).

Karki ve Sharp (1986), 20 ayırıcı arpa hat seti (Nupana, Klages, Dekap, Clark, CI 13727, CI 5845, CI 9699, CI 9825, Tifang, Unitan, CI 5401, CI 9214, CI 9440, CI 9776, CI 7584, CI 9819, Arimont, Galt, Steptoe, CI 5791) kullanarak Montana ve Akdeniz (Fas, Tunus ve Türkiye) den toplanan 14 adet *P. teres f. maculata* izolatının virülensliğini karşılaştırmışlardır. Değerlendirme sonucuna iki populasyon arasında ve her bir populasyonun kendi içinde farklı tepkiler görülmüştür. Tüm izolatlar Unitan, CI 5401, CI 9214, CI 9440 ve CI 9776 üzerinde avirulent, Nupana, Klages, Dekap, Clark ve CI 13727 üzerinde ise virulent olarak bulunmuştur. Montana ve A.B.D dışındaki ülkelerden toplanan izolatlar arasında Tifang, CI 7584, CI 9819 ve CI 9825 hatları üzerinde ayırıcı tepkiler gözlenmiştir. Montana ve Akdeniz izolatlarının her ikisinde de Arimont, Galt ve Steptoe hatları üzerinde ayırıcı tepkiler gözlenmiştir. Kümeleme analizi sonucunda ortalama 4,3 hastalık derecesi avirulent ve virulent izolatları ayırma noktası olarak bulunmuştur. Virülens frekansı Turk 74-Pt6 izolatı için en yüksek olarak bulunurken, Mor 82-1 izolatı için en düşük olarak bulunmuştur.

Tunus, Cezayir, Fas, Mısır ve Kıbrıs'tan *Pyrenophora teres*'in 33 adet izolatının toplandığı bir çalışmada; izolatların virülenslik spektrumları Martin, Turk, Strain 205, WI2291, Deir Alla 106, Line 251, Martin, Herawi, WI2197, Emir çeşitlerinden oluşan 10 arpa ayırıcı çeşit seti üzerinde denenmiştir. Denemeler sonucunda yapılan analizlerde izolatlar 4 grupta toplanmıştır. Kuzey Afrika izolatları bütün çeşitlerde yüksek ortalama virülens ve düşük varyans göstermişlerdir. Bu izolatlar kompleks ırklar olarak düşünülebilmektedir. Tüm izolatlar Tunus'ta geniş alanlarda yetiştirilen Martin çeşidi üzerine virulent olarak bulunmuştur. Yapılan inceleme sonucunda hiçbir çeşidin tüm izolatlara karşı yüksek derecede dayanıklı olmadığı görülmüştür (Harrabi ve Kamel, 1990).

Tekauz (1990), Batı Kanada'dan elde edilen 219 *Pyrenophora teres* izolatı ve 5 adet referans izolatının reaksiyonunu, 12 arpa

ayırıcı genotipini (CI 9214, Heartland, OAC 21, CI 5791, CI 9820, TR 453, Norbert, Steptoe, Herta, Betzes, Bonanza, BT 201) kullanarak karakterize etmiştir. İzolatların % 82'si ağ formu olarak bulunurken, % 18'i nokta formu olarak bulunmuştur. Ağ formunun 45 patotipi bulunurken nokta formunun 20 patotipi bulunmuştur. Ağ formu denemelerinde 9 ayırıcı arpa genotipi kullanılmış ve CI 5791 genotipi dayanıklı tepki gösterirken, Herta genotipi hassas tepki göstermiştir. Nokta formu denemelerinde ise 11 ayırıcı arpa genotipi arasında universal hassas olarak kabul edilen BT 201 genotipi tüm patotiplere hassas olarak tepki vermiştir. Bu çalışmada izolatların hepsine karşı tümüyle etkili bir dayanıklılık kaynağı olmadığı vurgulanmıştır. Ağ ve nokta formları bölgelere göre değişiklik göstermiştir. Çalışmada patojenik varyasyon yüksek olarak bulunmuştur.

Kaliforniya'dan toplanan 91 adet *Pyrenophora teres f. teres* izolatı, 22 adet arpa ayırıcı genotipi (Tifang, Can.Lk.Sh, Atlas, Rojo, Coast, Manchurian, Ming, CI 9819, Algerian, Kombar, CI 11458, CI 5791, Harbin, CI 7584, Prato, Manchuria, CI 5822, CI 4922, Hazera, Cape, Beecher, Rika) üzerinde denenmiş ve 13 adet patotip (0, 10, 15, 3-10, 11-22, 15-20, 3-10-15, 3-10-21, 10-15-19, 6-13-16-18, 3-10-15-19-21, 3-10-15-19-20-21) elde edilmiştir. Patotip '3-10-15-19-21', ayırıcı arpa konukçularında yüksek enfeksiyon tepkisi sergilemiş ve izolatların %28,6'sını oluşturmuştur. Daha sonraki yaygın patotiplerden '15', %19,8, patotip '15-20', %15,4 ve patotip '3-10-15-19-20-21', %8,8 oranında yaygınlık göstermişlerdir. Patotip '3-10-15-19-20-21'altı genotipe (Atlas, Kombar, Prato, Hazera, Cape, Beecher) virulent iken patotip 0 hiçbir konukçuda virulent bulunmamıştır. Prato, Kombar ve Atlas genotiplerinin izolatlara sırasıyla %82,4, %56,0 ve %50,5 oranında hassas olmalarına karşın 22 ayırıcı genotipin 10'u (Tifang, Can.Lk.Sh, Rojo, Coast, Ming, CI 9819, Algerian, CI 5791, CI 7584, CI 5822) tüm Kaliforniya patotiplerine dayanıklı olarak bulunmuştur. Minnesota, Meksika ve İngiltere patotipleri belirgin derecede birbirlerinden farklı olarak bulunmuşlardır.

Spesifik ayırıcı genotipler üzerinde Meksika patotiplerinin virülensliği yaygın Kaliforniya patotiplerine benzerlik göstermiştir. Minnesota'dan alınan patotip 1-6-13-16-18 ve İngiltere'den alınan patotip 22, iki nadir Kalifornia patotipinden (6-13-16-18 ve 11-22) bir ayırıcı genotip üzerinde virülenslik açısından farklı belirtiler oluşturmuşlardır. İki popülasyondaki izolatlar yapı ve çeşitlilik bakımından kıyaslanmışlardır. Birinci popülasyon bir tarla istasyonundan (Armstrong popülasyonu) rastgele örneklenen 25 izolattan, ikinci popülasyon (İstasyon dışı popülasyon) ise eyalet çapındaki tarlalardan rastgele toplanan 59 izolattan oluşmuştur. En kompleks patotipler '3-10-15-19-21' ve '3-10-15-19-20-21' olarak bulunmuş ve Armstrong popülasyonunda (%72) İstasyon dışı popülasyondan (%23,7) daha fazla sıklıkta görülmüştür. İstasyon dışı popülasyon (Shannon indeksi=1.96) genetik olarak Armstrong popülasyonundan (Shannon indeksi=1.30) daha çeşitli olarak bulunmuştur (Steffenson ve Webster, 1992b).

Japonya'dan ve Kanada'dan toplanan 22 *Pyrenophora teres* izolatının genetik olarak farklı 38 yazlık arpa çeşidine (Aichi yokozuna, Kaikei 39, Szanshu, Wasemugi, Mochimugi, Nikaku chevalier, Tankawa, Kinai 67, Konosu 50, Hoshimasari, Aominori, Hokuiku 17, Jeonnam omugi shin 1, Masn naked 1, Haman waedong 2, Sinanju covered 2, Harumaki rokkakumugi, Goweon covered, Lissu chiao 1, Tibet white 25, 4887-3, Harbin 2 sıralı, Katomandu 3, Trisui Bazar 8, Kagbeni 2, Kagbeni 3, N113, Kabul 10, C231, Yardar 2, Turkey 45, Abusir, CSR234a, Kombainiesis, Canadian Lake Shore, Tifang, Ming, CI9819) inoküle edildiği çalışmada, hastalık değerlendirmeleri için varyans analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda çeşitlerin dayanıklılık durumlarında ve izolatların virülenslik durumlarında önemli farklılıkların olduğu görülmüştür. Ancak izolatlar ve çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Finlay-Wilkinson regresyon analizleri ve temel bileşen analizleri ile farklı orijinler ve belirti tiplerine göre izolatlar 3 sınıfa ayrılmışlardır. Nokta formu izolatlar ağ tipi izolatlardan

genellikle daha yüksek virülenslik göstermeleri nedeni ile ayrılmıştır. 38 yazlık arpa çeşidinden oluşan set içerisinde en dayanıklı çeşit Nepal kökenli Kagbeni 3, en hassas çeşit ise Japonya kökenli Hokuiku 17 çeşidi olarak bulunmuştur. Türkiye kökenli Turkey 45 ise orta hassas reaksiyon vermiştir. Japonya ve Kanada ağ formu izolatları arasında önemli patojenik farklılık görülmemiştir (Sato ve Takeda, 1993).

Türk ve Alman kökenli 82 arpa çeşit ve hattının virulent bir Türk izolatına karşı reaksiyonlarının belirlendiği çalışmada, üç hat (Andrea, Dura ve Siga) hastalığa karşı dayanıklı ve yedi hat (Arena, Doris, Europa, Ginso, Hydra, Katja ve Viola) orta derecede dayanıklı bulunmuştur. Test edilen Quantum-85 ve Yerçil 147 isimli Türk çeşitleri orta derecede hassas bulunurken, diğer çeşitler hassas olarak bulunmuştur. Alman çeşitleri Andrea, Dura ve Siga ise dayanıklı olarak bulunmuştur (Aktaş, 1995).

Cherif ve Harrabi tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada (1995) *Pyrenophora teres*'in 61 adet Tunus'tan ve 11 adet Fas, Cezayir ve Libya ülkelerinden tek spor izolatları elde edilmiş ve izolatların patojenisitesi 12 farklı arpa çeşidi kullanılarak değerlendirilmiştir. İzolatların %71'i ağ formu ve %29'u nokta formu olarak bulunmuştur. Patojenisite grupları yüksek virulent, virulent, orta virulent ve avirulent olarak belirlenmiştir. Tunus izolatlarının virülenslik değeri diğer bütün izolatlardan daha yüksek olarak bulunmuştur. En virulent Tunus izolatları ülkenin kuzeyinden toplananlar olarak bulunmuştur. Aynı bölgeden alınan tek spor izolatları arasında patojenisite açısından varyasyon görülmüştür. İzolatlar ve çeşitler arasında yüksek derecede ayırt edici reaksiyonlar gözlemlenmiştir.

Kanada'da bulunan arpa patojenlerinin virülensliğindeki değişimler yeni arpa genetik dayanıklılık kaynakları arayışı doğurmuştur. Bu amaçla yapılan çalışmada 176 adet Türk arpa hattının Kanada'da yaygın arpa patojenlerine hastalık tepkileri belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda 176 Türk arpa hattının *Septoria passerinii*, *Rhynchosporium secalis* ve *Pyrenophora teres*'in nokta

formuna karşı iyi bir dayanıklılık kaynağı olduğu bildirilmesine rağmen *Cochliobolus sativus*, *Puccinia graminis tritici*, *Ustilago nuda* veya arpa çizgi mozaik virüsüne karşı dayanıklılık belirlenmemiştir. Az sayıda hattın *P.teres*'in ağ formuna dayanıklı olduğu bulunmuştur (Legge ve ark,1996).

Drechslera teres f. *teres*'in altı İsveç ve 1 Kanada tek spor izolatu, 109 arpa hattının dayanıklılık durumlarının belirlenmesi, patojen virülensini değerlendirmek ve ayırıcı bir set oluşturmak amacı kullanılmıştır. Yüz dokuz arpa hattı arasında bu etmene karşı dayanıklılık bakımından geniş bir varyasyon bulunmuştur. Avrupa ticari çeşitleri tüm İsveç izolatlarına hassas olarak bulunurken Kanada izolatlarının birçoğuna dayanıklı olarak bulunmuştur. Onsekiz arpa hattından (CI 9778, CI 5822, SW 1114-93 CI 2750, CI 4407-1, CDC Guardian, Beecher, CI 4929, CI 4922, Filibay, CI 2330, CI 6311, SW 1378-93, Alexis, Goldie, Golf, SW 1471-93, Svani) oluşan ayırıcı set üzerinde *Drechslera teres*'in 25 İsveç ve 2 Kanada izolatu denenmiş izolatların %59'u 3 patotipten ibaret olmak üzere toplamda 14 patotip bulunmuştur. Sadece bir arpa çeşidi (CI 9776) tüm ağ formu izolatlarına dayanıklı olarak bulunmuştur. Ağ benek hastalığı ağ formunun (*D. teres* f. *teres*) örneklenen alanlarda baskın olduğu ve 26 İsveç izolatının sadece birinin nokta formu olduğu görülmüştür (Jonsson ve ark, 1997).

Douiyssi ve ark, (1998) tarafından yapılan çalışmada 15 adet *Pyrenophora teres* izolatu kullanılarak 38 arpa hattından (ACSAD 60, ACSAD 176, Aglou, Arig 8, Asni, Br. Maroc, Harmal, Rabat 071, Tamellalet, Tissa, dirençli olduğu varsayılan çeşitler Minn 7, Manchurian, CI 2333, CI 2549, CI 4976, CI 6688, Anoidium, CI 9440, CI 9699, CI 9820, Badessa, CI 10379, Keystone, NDB112, Conquest, Amsel, Israeli 49, Heartland ve maltlık çeşit ve hatlarından Atlas, Excel, Larker, Moore, Morex, M85-420, M85-421, M85-424, Robust, Triumph) oluşan set üzerinde fide ve yetişkin dönemde 3 Fas lokasyonunda sera ve tarla denemeleri yapılmış ve hastalık tepkileri değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda hiçbir arpa çeşidi tüm izolatlara

karşı tümüyle dayanıklı bulunmamıştır. 15 izolatın hiçbiri aynı tepkiyi vermemiş ve patojenik çeşitlilik yüksek olarak bulunmuştur. Her bir test izolatına bir veya birden fazla hat yüksek düzeyde dayanıklılık göstermiştir. Fide ve yetişkin bitkiler arasında da aynı izolata karşı farklı tepkiler gözlenmiştir. Arpa hatlarının serada fide ve tarlada yetişkin bitki dönemi tepkileri önemli farklılıklar göstermiştir. Tarla reaksiyonlarının üç lokasyonda da tutarlı sonuçlar verdiği çalışmada Heartland, Minn 7, CI 2333, ve CI 2549 hatları dayanıklı ve orta dayanıklı olarak bulunmuştur. *Pyrenophora teres*'de gözlenen varyasyona karşın tüm izolatlara dayanıklı bir hat bulunamamıştır.

Üç yüz yirmi Avrupa yazlık arpa çeşidi ve yaklaşık 40 adet yazlık arpa hattının *Pyrenophora teres*'in nokta formunun lokal bir popülasyonuna tepkilerini değerlendirmek amacı ile tarla koşullarında test edildiği çalışmada, Avrupa arpa çeşitleri, dayanıklıdan çok hassasa kadar değişen (skala değeri: 1,8-7,2) bir dizi reaksiyon göstermişlerdir. Çalışmada kontrol olarak 'Welam'çeşidi (skala değeri: 6,6) kullanılmıştır. En hassas çeşit 'Javelin'(skala değeri:7,2) ve en dayanıklı çeşit 'Agneta'(skala değeri:1,8) olarak bulunmuştur. 1830-1982 yıllarında ortalama dayanıklılık seviyesi 4,0 civarında (skala değeri: 2,8- 4,8) değişmekte iken yaklaşık 1940 yılından bu yana hastalık tepkisi değişimi bilinmeyen sebeplerle çok daha geniş (skala değeri: 1,8- 6,9) bir hale gelmiştir (Jorgensen ve ark, 2000).

Avustralya'da yapılan çalışma kapsamında 25 arpa hat seti (Atlas, Hazera, Beecher, Algerian, CI11458, Rika, Herta, Patty, Skiff, Fraklin, Kombar, Yerong, Kaputar, Harbin, Cape, Clipper, Corvette, Prior, Dampier, Betzes, Grimmett, Cameo, Gibert, Golf, Tallon) izolatlara ayırıcı tepkileri bakımından test edilmiştir. Çalışma sonucunda etmenin 13 adet patotipi bulunmuştur (Platz ve ark, 2000).

Batı Avustralya'da 1995-96 yıllarında farklı arpa tarlalarından yetmiş dokuz adet *Pyrenophora teres* izolatu toplanmıştır. Yetmiş dört izolatta ağ tipi (*P. teres* f. *teres*) ve beş izolatta nokta tipi (*P. teres* f. *maculata*)

belirtiler gözlenmiştir. 1975 ve 1985 yılları arasında toplanan dokuz adet izolata da dahil edildiği ağ tipi izolatlar 47 arpa hattı üzerinde değerlendirilmiştir. Bu ağ tipi izolatlar Beecher çeşidinin virülensliği temel alınarak Beecher çeşidine virulent ve Beecher çeşidine avirulent olmak üzere 2 farklı gruba ayrılarak sınıflandırılmışlardır. 47 arpa hattının vermiş olduğu tepkiler bir dendogram içinde değerlendirilmiş ve 2 temel hat grubuna ayrılmıştır. LG30 universal hassas hattının bulunduğu birinci grupta Betzes çeşidi birçok izolata karşı hassas tepki verirken Clipper ve Cameo orta hassas- orta dayanıklı tepkiler vermişlerdir. LG16 ve LG 32 universal dayanıklı hatlarının bulunduğu ikinci grupta ise LG10 hattının tepkisi LG 16 hattına benzer dayanıklı tepki olmuş ancak Beecher virulent izolatlardan IG48 ve IG78'e orta dayanıklı tepki vermiştir. LG31 ve LG8 Beecher virulent izolatlara hassas fakat diğer izolatlara dayanıklı bulunmuştur. LG17, LG 22 ve LG33 genellikle ortalama tepkiler vermişlerdir. LG34 ise tüm izolatlara karşı orta dayanıklı bulunmuştur. Yapılan bu araştırmaya göre son 19 yıldır batı Avustralya ağ tipi izolatları arasındaki virülenslik aynen kalmıştır. Nokta tipi izolatlar daha önceki raporlardan daha geniş coğrafik alandan toplanmıştır ve virülens varyasyonunda Herta arpa hattı tepkileri temel alındığında virülenslikte değişiklik görülmüştür. Nokta tipi izolatların varyasyonu Batı Avustralya için ilk kez rapor edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların dayanıklılık çalışmaları için kullanılabilmesi düşünülmektedir (Gupta ve Loughman, 2001).

Fransa ve Suriye'den toplanan *Pyrenophora teres* izolatlarının virülenslik spektrumları 11 ayırıcı arpa genotipi (Thibaut, Arabi Abiad, Arabi Aswad, Furat 1, 79-SIO-9, Golf, 79-SIO-16, CI-5 791, 79-SIO-10, AECS-71, Arrivate) kullanılarak değerlendirilmiştir. Genotipler yüksek duyarlılıktan orta dirençliye kadar sürekli bir aralık sergilemişlerdir. Virülens frekansı en yüksek olan izolatlar S5, R5 ve S6-2 en düşük olanlar ise R-ICA31 ve R-HAS-6 olarak bulunmuştur. Analizler sonucunda izolatların farklı ayırıcı virülens modelleri sergilediği ve bunların beş

grupta tanımlandığı gösterilmiştir. Fransız izolatları S5, R5 ve S6-2, daha yüksek bir ortalama virülenslik ve tüm genotipler arasında düşük varyans göstermiştir. Hiçbir test genotipinin incelenen tüm izolatlara yüksek derecede dayanıklı olmadığı görülmüştür (Arabi ve ark, 2003).

Arabi ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada Fransa, Suriye, İngiltere, ABD ve ICARDA arpa koleksiyonlarına *P.teres* f. *maculata* izolatları iki ayrı çalışma şeklinde uygulandığında patojenik varyasyon görülmüştür. Birçok izolata virulent olduğu çalışmada Orta Doğu kökenli hatlarda iyi seviyede dayanıklılık görülmüştür (McLean ve ark, 2009).

Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışmada *Drechslera teres* f. sp. *teres*'in tek spor izolatları toplanmıştır. Toplanan izolatlar ile uluslararası kabul görmüş 31 ayırıcı arpa çeşit ve hat seti üzerinde (Algerian, Atlas, Beecher, Canadian Lake Shore, Cape, Coast, Harbin, Hazera, Heartland, Herta, Kombar, Manchu, Mancurian, Ming, Norbert, Prato, Rabat 071, Rika, Rojo, Steptoe, Tifang, TR 043, CI 1243, CI2330, CI4922, CI5791, CI7584, CI9214, CI9819, CI9820, CI11458) virülenslik denemesi yapılmıştır. Deneme sonucunda tüm izolatların Herta ve Rika ayırıcı çeşitlerine virulent olduğu bulunmuştur. On dokuz adet ayırıcı çeşit ve hat (Beecher, Canadian Lake Shore, Coast, Hazera, Heartland, Manchu, Norbert, Rabat 071, Rojo, Steptoe, Tifang, TR 043, CI 1243, CI4922, CI5791, CI7584, CI9214, CI9819, CI9820) tüm izolatlara dayanıklı olarak bulunmuştur. İzolatların yarısından fazlası Kombar ve CI 11458'e virulent olarak bulunmuş, Algerian, Atlas, Cape, Harbin, Manchurian, Ming, Prato ve CI 2330 çeşitlerine ise bu izolatlar daha az virulent olarak bulunmuştur. Bu çalışmada 29 izolat arasından 11 patotip karakterize edilmiştir. En yaygın bulunan patotip 1 iki ayırıcı çeşide (Herta ve Rika) virulent olarak bulunmuştur. Dört patotip (patotip 2,3,4,5) ise üç ayırıcı çeşide (Algerian, Herta, Rika ve CI11458) virulent reaksiyon vermiştir. Çoğu izolatlar 3 veya 4 ayırıcı çeşitten fazlasına virulent olarak bulunmamışlardır. Tüm patotipler Herta ve Rika'ya virulent olarak bulunurken 7 patotip

(2, 6, 7, 8, 9, 10, 11) Kombar'a, 7 patotip (3, 6, 7, 8, 9, 10, 11) ise CI 11458'e virulent olarak bulunmuştur. En virulent patotip olan patotip 10 ise ayırıcı çeşitlerin 7'sine (Algerian, Cape, Herta, Kombar, Manchurian, Rika, CI11458) virulent olarak bulunmuştur. Onbir patotipe de aynı repkiyi veren ayırıcı çeşitler (bazı patotiplere dayanıklı ve bazı patotiplere hassas) Harbin ve CI2330 olarak bulunmuşlardır (Cromey and Parkes, 2003).

Wu ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada (2003), küçük fakat coğrafik olarak farklı bölgelerden elde edilen *P. teres* izolatlarının genetik varyasyon durumu değerlendirilmiştir. Tek spordan üretilen izolatlar 25 ayırıcı arpa genotipi üzerinde virülens fenotiplerinin değerlendirilmesi amacı ile test edilmişlerdir. *P. t. f. teres*'in 23 izolatu içinden 15 patotip, 8 *P. t. f. maculata* izolatu içinden ise 4 patotip tespit edilmiştir. Genel olarak, *P. t. f. teres* izolatları *P. t. f. maculata* izolatlarına oranla ayırıcı test çeşitleri üzerinde daha geniş bir spektrum ve yüksek derecede virülens sergilemişlerdir. Sekiz arpa genotipi tespit edilen 19 patotipe de dayanıklı olarak bulunmuştur. Bu genotiplerin *P. teres*'in 2 formuna karşı dayanıklılık kaynağı olarak ıslah çalışmalarında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Onbeş Türk arpa çeşidinin (Bülbül 89, Karatay 94, Tokak 157/37, Yesevi 93, Orza 96, Kalaycı 97, Hamidiye 85, Avcı 2002, Vamikhoca 98, Çetin 2000, Şahin 91, Akhisar 98, Tarm 92, Çumra 2001, Aydanhanım) 4 ağbenek izolatına (Kalecik, Gölbaşı, Bala ve Bölüm izolatları) karşı fide dönemi tepkilerinin kontrollü koşullarda belirlediği çalışmada, hastalığa karşı çeşitlerin gösterdiği reaksiyonlar arasında farklılıklar görüldüğü gibi, her bir çeşit düzeyinde izolatlar arasında da patojenisite ile ilgili küçük farklılıklar belirlenmiştir. Farklı izolatlara karşı gösterdikleri sonuçlar değerlendirildiğinde Avcı 2002 ve Vamikhoca 98 çeşitlerinin reaksiyonları dayanıklı-orta derecede dayanıklı ile orta derecede dayanıklı olarak belirlenmiştir. Bülbül 89, Karatay 94, Tokak 157/37, Yesevi 93, Orza 96, Kalaycı 97 ve Hamidiye 85 çeşitlerinin reaksiyonları ise farklı izolatlara göre değişmekle birlikte

hassas ile orta derecede hassas-hassas arasında değişmiştir. Çetin 2000 ve Şahin 91 çeşitlerinin ise farklı izolatlara karşı reaksiyonları dayanıklı-orta derecede dayanıklı ile orta derecede dayanıklı arasında değişmiştir. Akhisar 98, Tarm 92, Çumra 2001 ve Aydanhanım çeşitlerinin reaksiyonları ise izolatlara göre farklılık göstermiş ve orta derecede dayanıklı ile orta derecede dayanıklı-orta derecede hassas arasında değişmiştir. Gölbaşı izolatu en virulent izolat olarak görülmüştür. Yaygın olarak ekilen çeşitlerin hassas olarak bulunması dikkat çekmiştir. Bu çalışma sonucunda Türk arpa çeşitleri arasında patojene tepki açısından farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Karakaya ve Akyol, 2006).

Tuohy ve arkadaşları (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada *Drechslera teres f. teres* ve *D. teres f. maculata*'nın İrlanda ve Kuzey Avrupa'dan toplanan popülasyonlarında patojenik varyasyon incelenmiştir. Ağ ve nokta formlarının melezlenmesinden elde edilen projeni izolatlarının popülasyonu da incelenmiştir. Çalışma sonucunda ağ ve nokta formu izolatları arasında ve her bir formun kendi arasında önemli virülens varyasyonu bulunmuştur ($p < 0.001$). İrlanda popülasyonlarında ağ ve nokta formu arasında önemli farklılık bulunmakla birlikte nokta formu izolatları daha virulent olarak bulunmuştur ($p < 0.05$). Projeni izolatların ağ formu veya nokta formu popülasyonlarından belirgin derecede daha virulent ($p < 0.001$) olduğu görülmüştür. Çeşit reaksiyonları arasında önemli farklılıklar görülmüş olup Botnia çeşidi, patojenin 2 formuna da en hassas çeşit olarak bulunmuştur. Boreal 94145 çeşidi, her ne kadar kantitatif olarak dayanıklı olsa da, patojenin 2 formuna ve projeni izolatlarına çok hassas olarak bulunmuştur. CI 5791, CI 2330 ve CI 9819 çeşitleri, iki forma da daha az hassas olarak bulunmakla beraber nokta formu izolatlarına daha hassas olarak bulunmuştur.

Kırk iki adet Kanada, Avustralya ve uluslararası arpa hattının 10 adet Kanada *Pyrenophora teres* izolatına (6 adet ağ formu ve 4 adet nokta formu) tepkilerinin

değerlendirildiği bir çalışmada ağ formu izolatları nokta formu izolatlarından daha virüent bulunmuştur. Ağ formu izolatlarından LO256 izolatu tüm izolatlar arasında en virüent izolat, nokta formu izolatlarından WRS1881 ise tüm izolatlar arasında en az virüent olan izolat olarak bulunmuştur. Dokuz hat (TR251, TR253, TR244, Kao 32-12, C283612, Heartland, CI 5791, CI 9214, MEH 486) ağ formu izolatlarına, 12 hat (CDC McGwire, TR251, TR253, TR244, CDC Helgason, Manley, Kao 32-12, C283612, Heartland, CI 9214, Tilga, Keel) ise nokta formu izolatlarına dayanıklılık göstermişlerdir. Üç arpa hattı ise (TR253, Kao 32-12 ve CI 9214) tüm izolatlara karşı dayanıklılık göstermişlerdir (Grewal ve ark, 2008).

Afanasenko ve arkadaşları (2009), yaptıkları çalışmada *Pyrenophora teres* f. *teres* populasyonunun küresel anlamda karakterizasyonunu standardize etmek amacıyla ayırıcı bir set geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamına on dört arpa genotipi (Canadian Lake Shore (CLS), Harbin, c-8755, c-20019, Manchurian, Tifang, CI 9825, CI 5791, CI 9819, Beecher, CI 9214, Skiff, Prior ve Corvette) kullanılmıştır. 3 çeşit (Pirkka, Haruna Nijo and Harrington) da uluslararası hassas kontrol olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Rusya, Avrupa, Avustralya ve Kanada'dan toplanan yaklaşık 1000 adet *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatu genotiplere inokule edilmiş ve CI 9819, CI 5791, c-8755 ve CI 9825 genotipleri yüksek derecede dayanıklılık tepkisi verirken, Harrington, Haruna Nijo ve Pirkka genotipleri ise yüksek derecede hassas tepki vermişlerdir. En iyi ayırıcı tepkiyi Harbin, CLS, c-20019, Manchurian ve Prior genotipleri göstermiştir. Çalışma sonucunda *Pyrenophora teres* f. *teres* virüensliğinin ayırımı için yeni bir set geliştirilmiştir. Bu set c-8755, c-20019, CI 5791, CI 9825, CLS, Harbin, Prior, Skiff ve Harrington genotiplerini içermektedir. Öte yandan Liu ve ark, (2011) önerilen bu seti kapsamlı bulmamış ancak benzer çevresel koşullar altında farklı arpa üretim bölgelerindeki *P. teres* f. *teres* populasyonları arasında karşılaştırma yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Taşkoparan ve Karakaya (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Türkiye'de yetiştirilen 20 arpa çeşidinin (Tokak 157/37, Bülbül 89, Özdemir, Çıldır 02, Cumhuriyet 50, Fahrettinbey, Bilgi 91, Süleymanbey 98, Bornova 92, Yerçil 147, Şerifehanım 98, Sur 93, İnce 04, Konevi, Balkan 96, Beyşehir, Zeynelağa, Sladoran, Kırıl 97, Enginel 90) *P. teres* f. *maculata*'nın bir izolatu karşı tepkileri kontrollü şartlarda değerlendirilmiştir. Çeşitlerin tepkileri hassas ile dayanıklı-orta derecede dayanıklı arasında değişmiştir. Tokak 157/37 ve Bülbül 89 çeşitleri kullanılan izolata hassas tepki vermişlerdir. Özdemir, Çıldır 02 ve Cumhuriyet 50 çeşitleri orta derecede hassas-hassas tepki göstermişlerdir. Fahrettinbey, Bilgi 91, Süleymanbey 98 ve Bornova 92 çeşitleri izolata karşı orta derecede hassas tepki vermişlerdir. Yerçil 147, Şerifehanım 98, Sur 93, İnce 04, Konevi, Balkan 96, Beyşehir ve Zeynelağa çeşitleri patojene karşı orta derecede dayanıklı-orta derecede hassas tepki göstermişlerdir. Sladoran ve Kırıl 97 çeşitleri izolata karşı orta derecede dayanıklı tepki gösterirken, Enginel 90 çeşidi dayanıklı tepki göstermiştir. Bu çalışmada Türkiye'de ekilen bazı arpa çeşitleri arasında patojene tepki açısından farklılıkların olduğu bildirilmiştir.

Lehmensiek ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptıkları çalışmada Avustralya'dan 66 *P. teres* izolatu ve Güney Afrika burnunun güney batı bölgesinden 58 *P. teres* izolatu toplanmıştır. Araştırmacılar *P. teres*'in 60 adet ağ formu ve 64 adet nokta formundan oluşan izolatların AFLP analizi kullanarak genetik çeşitlilik ve populasyon yapısını ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda kümeleme analizi ile ağ formu ve nokta formu izolatlarının iki farklı genetik grupta toplandığı açıkça görülmüştür. Ayrıca hem ağ formu örnekleme lokasyonları arasında hem de Avustralya ve Güney Afrika ağ formu ve nokta formu izolatları arasında önemli varyasyon gözlenmiştir. Çalışma sonuçları iki form arasında seksüel üreme olmadığını ve üremenin ağ ve nokta formu gruplarında çoğunlukla aseksüel olarak gerçekleştiğini göstermektedir.

Bouajila ve ark (2011) ıslah programlarında kullanılmak üzere ağ benek hastalığının kontrolü ve dayanıklı arpa hatlarının belirlenmesi amacı ile Tunus'tan toplanan *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatları arasında patojenik çeşitliliği ve virülens gruplarını araştırmışlardır. Bu çalışmada Tunus ve Suriye'nin farklı ekolojiye sahip yetiştirme alanlarından toplanan 104 adet izolat 14 arpa genotipi üzerinde test edilmiştir. UPGMA analizi ile yüksek derecede patojenik varyasyonun belirlendiği çalışmada izolatlar 20 patotipe ayrılmış ve yüksek, orta ve düşük hastalık dereceleri gösteren 3 virülenslik grubu bulunmuştur. Çalışma sonucunda tüm *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatları farklı derecede hastalandırma yeteneğine sahip bulunmuş, CI09214 çeşidi Tunus, CI05401 çeşidi ise Suriye için en etkili dayanıklılık kaynağı olarak bulunmuştur.

Afanasenko ve arkadaşları (2011) *Pyrenophora teres* f. *teres* için 9 arpa çeşidinden oluşan yeni bir ayırıcı set geliştirmişlerdir. Hassas kontrol olarak Harrington çeşidinin kullanıldığı set üzerinde 2004-2010 yılları arasında Rusya (Avrupa kısmı, Ural ve Sibirya), Batı Avrupa, Kanada ve Suriye'nin farklı coğrafik bölgelerinden toplanan 918 *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatı denenmiştir. Bu izolatlar arasında değişik bölgelerden 119 *Pyrenophora teres* f. *teres* virülens fenotipi belirlenmiştir. Çalışılan her bir populasyonda yüksek derecede varyasyon belirlenmiştir. En az benzerlik Avrupa ve Suriye populasyonları arasında bulunmuştur.

McLean ve arkadaşları (2011) *P. teres* f. *maculata* için uluslararası ayırıcı arpa seti geliştirmeye çalışmışlardır. Her bir arpa hattı Avustralya ve Kanada izolatları ile fide ve yetişkin dönemde test edilmiştir. Bu çalışma ile 92 arpa hattının *P. teres* f. *maculata* 'ya karşı dayanıklılığı doğrulanmıştır ancak Avustralya ve Kanada izolatları arasında hatta aynı kıtadan olan izolatlar arasında bile farklı izolatlara karşı çeşitli reaksiyon tepkileri tanımlanmış ve önemli derecede varyasyon görülmüştür. Ayrıca birçok dayanıklılık kaynağına karşı virülent patotipler bulunmuştur.

Gamba ve Ziminov (2011) yaptıkları çalışmada 33 *Pyrenophora teres* f.sp. *teres* izolatının 18 arpa genotipi üzerinde fide döneminde ve kontrollü koşullar altında tepkilerini belirlemiştir. 15 izolat tüm arpa genotiplerine yüksek derecede virulent olarak bulunmuştur. Gamba ve ark (2011), önemli arpa üretim alanları olan Suriye, Eritre ve Fas'ın farklı bölgelerinden toplanan 36 tek spor izolatının virülens profilini ve morfolojik özelliklerini kıyaslamış ve tanımlamışlardır. Uluslararası arpa ayırıcı seti kullanılarak fide döneminde ve kontrollü koşullar altında farklı virülenslik profilleri belirlenmiş ve izolatların fenotipik karakterizasyonu temel alınarak virülens grupları oluşturulmuştur. Daha geniş izolat değerlendirmeleri ile virülens grupları arasında dağılım ve coğrafik köken bakımından ilişki kurulabileceği düşünülmektedir.

2009 yılında elde edilen 15 Kanada *P. teres* izolatının virülenslik durumu 18 genotipten oluşan *Pyrenophora teres* f. *teres* (*Ptt*) ayırıcı seti kullanılarak test edilmiştir. Bitkilerin inokulasyonu için *Ptt* and *P. teres* f. *maculata* (*Ptm*) konidileri kullanılmıştır. Enfeksiyon fenotipi 1-10 skalasına göre değerlendirilmiş ve 1-5 dayanıklı, 5-10 ise hassas reaksiyonu temsil etmiştir. Dokuz adet *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatı ve 6 adet *Pyrenophora teres* f. *maculata* izolatı kendilerine has virülens spektrumu sergilemişlerdir. CI 9819 ve CI 5791 *Pyrenophora teres* f. *teres*'e dayanıklı olarak bulunmuş, Manchurian ve CI 9214 ise *Pyrenophora teres* f. *maculata*'ya karşı dayanıklılık sergilemişlerdir. 5 adet arpa ayırıcı hattı *Pyrenophora teres* f. *teres*'e hassas bulunmuş ve Manitoba'dan alınan bir *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatı en yüksek enfeksiyon fenotipi (7.6) değerini almıştır. Bu ayırıcı setin *Pyrenophora teres* f. *maculata* için geliştirilmese de, bu patojenin değerlendirilmesinde de başarı ile kullanılabileceği ifade edilmiştir (Tekauz ve ark 2011).

Fowler ve Platz (2011) *Pyrenophora teres* f. *teres*'in Avustralya'daki patotip çeşitliliği ve dağılımını değerlendirdikleri çalışma kapsamında 49 adet izolatı 31 hat içeren

Avustralya ayırıcı seti üzerinde denemişlerdir. Deneme sonucunda 18 hat açık bir şekilde ayırım göstermiştir. 26 patotip belirlenmiş ve bunların 9'u birden fazla izolata içermiştir. En geniş grup (Skiff virulent- NFN50) Queensland, Yeni Güney Galler, Victoria ve Güney Australia orjinli 10 izolata içermiştir. İkinci en geniş grup (Prior virulent, Covrette avirulent) ise güney Avustralya ve Batı Avustralya orjinli 6 izolattan oluşmuştur.

Boungab ve ark. (2012) kuzeybatı Cezayir'de farklı yetiştirme alanlarından toplanan 48 *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatının 22 arpa genotipinden oluşan ayırıcı set kullanılarak patojenik varyasyonunu kontrollü koşullarda değerlendirmişlerdir. Genotipler dayanıklıdan yüksek hassas kadar farklı varyasyon göstermişlerdir. Bu çalışma kuzeybatı Cezayir'de *Pyrenophora teres* f. *teres* in patojenik varyasyonunun belirlendiği ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. Kırk sekiz izolata test edilmesi sonucunda 12 farklı patotip bulunmuştur. Sekiz arpa genotipi tüm izolatlara dayanıklı iken diğerleri bir ya da daha fazla izolata hassas bulunmuştur. Bu çalışma ile patojenik varyasyonun ve bazı genotiplerde dayanıklılığın tanımlanması ile kuzeybatı Cezayir'de arpa ıslahı programlarında kullanılabilecek üstün arpa materyalleri geliştirilebilecektir.

Batı Avustralya'da dayanıklı çeşitlerin olmayışı ve tarlada anız bırakma gibi faktörler nedeni ile ağ benek hastalığı hastalık şiddetini arttırmıştır. Bölgede nokta tipinin artan önemi yüzünden arpa çeşitlerinde dayanıklılığın artırılmasına ve etmen patojenin virülensliğinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur. 2001 ve 2002 yılları boyunca Batı Avustralya'nın coğrafik olarak farklı bölgelerinden 99 *Pyrenophora teres* f. *maculata* (*Ptm*) izolata elde edilmiştir. Bu izolatlardan 49 adedi 26 ayırıcı arpa hattı üzerindeki enfeksiyon tepkileri temel alınarak 7 sınıfta toplanmıştır. Aynı şekilde nokta tipi izolatlara ile inokulasyon sonucunda 26 arpa hattı 4 sınıfta toplanmıştır. Ayırıcı arpa hatları arasındaki enfeksiyon tepkileri çeşitliliği izolat gruplarının geniş bir coğrafik alana dağıldıklarını göstermiştir. Ticari olarak yetiştirilen ve ağ benek hastalığının nokta

tipine karşı hassas olarak bilinen Baudin ve Gairdner çeşitleri fide dönemi testlerinde değişik *Ptm* izolatlarına karşı geniş bir reaksiyon aralığı göstermiştir (Gupta ve ark, 2012).

Gerlegiz (2014), üç arpa çeşidi, 1 kavuzsuz arpa çeşidi, 2 aday kavuzsuz arpa hattı ve 9 kavuzsuz arpa genotipinin sera koşullarında Ankara, Çankırı, Eskişehir, Kayseri, Konya ve Şanlıurfa illerinden elde edilen 10 adet *Drechslera teres* f. *maculata* izolatına karşı değerlendirildiği çalışmada, çeşitler ve kavuzsuz arpa çeşidi hassas-dayanıklı arasında reaksiyon verimlidir. Kavuzsuz arpa hattı ve genotipler dayanıklı-orta dayanıklı-orta hassas reaksiyon verirken kavuzsuz arpa genotipi aday 8, üç izolata karşı orta hassas reaksiyon verimlidir. İzolatların her bir çeşit üzerinde patojenisitesi farklılıklar göstermiştir ancak genel olarak kavuzsuz arpa çeşitleri ve genotipler arasında *Drechslera teres* f. *maculata*'ya karşı dayanıklılık bulunmuştur. Kayseri Tomarza izolata en virulent izolat olarak bulunmuştur.

Aktaşdoğan ve ark. (2013) üç arpa çeşidinin, 2 arpa çeşit adayının ve 20 ileri kademe arpa hattının *Drechslera teres* f. *maculata*'nın Sivas ve Eskişehir illerinden elde edilmiş iki izolata karşı sera koşullarında fide dönemi reaksiyonlarını belirlemişlerdir. Arpa genotiplerinin tepkileri hassas ile dayanıklı-orta derecede dayanıklı arasında değişmiştir. Avcı 2002 çeşidi her iki izolata da dayanıklı-orta derecede dayanıklı reaksiyon gösterirken Bülbül 89 çeşidi Sivas izolata orta derecede hassas-hassas reaksiyon, Eskişehir izolata ise orta derecede hassas reaksiyon göstermiştir. Aydanhanım çeşidi Sivas izolata orta derecede dayanıklı-orta derecede hassas reaksiyon gösterirken Eskişehir izolata ise orta derecede dayanıklı reaksiyon göstermiştir.

Usta ve ark (2014), Türkiye'de yetiştirilen 20 arpa çeşidinin ağ benek hastalığının nokta formu etmeni *Drechslera teres* f. *maculata*'nın altı izolata karşı sera şartlarında fide dönemi reaksiyonlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada çeşitler izolatlara hassas ile dayanıklı arasında

değişen tepkiler vermişler ve izolatlarda arasında da virülenslik bakımından bazı farklılıklar gözlenmiştir. Değerlendirme sonucunda Ankara-Nallihan izolatu en virulent izolat olarak bulunmuştur. Bülbül 89 çeşidi izolatlara hassas ile orta derecede hassas arasında değişen tepkiler vermiştir. Obruk 86 ve Anadolu 86 çeşitlerinin izolatlara tepkileri orta derecede hassas-hassas ile orta derecede hassas arasında değişmiştir. Aydanhanım, Zafer 160, Akar, Keser, Yeşilköy 387, Samyeli, Kaya ve Durusu çeşitlerinin, izolatlara tepkileri orta derecede hassas-orta derecede dayanıklı ile dayanıklı-orta derecede dayanıklı arasında değişmiştir. Avcı 2002, Larende, Şahin 91, Bolayır, Olgun, Altıkat, Hilal ve Harman çeşitlerinin izolatlara tepkileri orta derecede dayanıklı ile dayanıklı arasında değişmiştir. Martı çeşidi altı *Drechslera teres* f. *maculata* izolatına karşı dayanıklı olarak bulunmuştur.

Yazıcı (2015), Yirmi beş arpa çeşidinin sera koşullarında arpada ağ benek hastalığının ağ formunu oluşturan *Drechslera teres* f. *teres*'in Eskişehir, Diyarbakır ve Sivas illerinden elde edilen üç izolatına karşı fide dönemi reaksiyonlarını değerlendirmiştir. En virulent izolat Sivas izolatu olarak bulunmuştur. Çeşitlerin reaksiyonlarının dayanıklı-orta Derecede dayanıklı ve orta derecede hassas-hassas arasında değiştiği çalışmada bu hastalığa karşı çeşitlerin gösterdiği reaksiyonlar arasında farklılıklar görüldüğü gibi her bir çeşit düzeyindeki izolatlarda da patojenisite ile ilgili farklılıklar belirlenmiştir.

Owino ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (2014), yüksek rakımlı ve düşük rakımlı bölgelerden iki hassas, iki dayanıklı kontrol içeren 16 ileri arpa genotipinin ağ benek hastalığına karşı tepkilerini değerlendirmişlerdir.

Hastalık değerlendirilmesi 0-9 skalasına göre yapılmıştır. Fide ve yetişkin bitki dayanıklılığı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Dayanıklı ve hassas tepkilerinin çeşitliliği, bölge, rakım ve büyüme evreleri temel alınarak gözlemlenmiştir. Tüm alanlarda Cerise Laruel genotipinde düşük hastalık şiddeti görülmüş, Sabini ve Karne genotiplerinde ise yüksek

hastalık şiddeti görülmüştür. Diğer genotip grupları orta hassas tepki vermişlerdir. 6 sıralı arpa genotiplerinde başak enfeksiyonu en üst düzeyde görülmüştür. Yaprak enfeksiyonları şiddetini büyüme evresi, genetik kalıtım ve yaygın çevresel koşullar gibi çeşitli faktörler etkilemektedir.

McLean ve ark (2014a) Avustralya'dan coğrafik dağılımlarına göre seçtikleri 60 adet *Pyrenophora teres* f. *maculata* izolatını yeni geliştirilen 16 arpa hattından oluşan ayırıcı set üzerinde denemişlerdir. Bu çalışmada 12 arpa hattı (Arimont, Barque, Chebec, CI5286, CI5791, CI9214, CII6150, Dairokkaku, Esperance Orge 289, Galleon, Keel, Skiff, Torrens ve TR250) izolatlara farklı tepkiler vermişlerdir. Hassas kontrol olan Gairdner ve Kombar ile izolat virulensliği belirlenmiştir. Çok fazla patojenik varyasyonun görüldüğü denemede 33 adet patotip belirlenmiş ve bunların bazıları coğrafik alanla ilişkili bulunmuştur. AFLP analizi ile de bu varyasyon desteklenmiştir. Bir izolatın hem *Pyrenophora teres* f. *maculata* hem de *Pyrenophora teres* f. *teres* AFLP bantlarını kapsadığı görülmüştür. Bunun oluşma nedeninin doğada ağ ve nokta tipi izolatlarda arasında seksüel rekombinasyonun olabileceği düşünülmektedir.

Fowler ve ark. (2014), Avustralya'da *Pyrenophora teres* f. *teres* (*Ptt*) populasyonunun patotipik varyasyonunu ortaya koydukları çalışmada 2007 ve 2012 yılları arasında toplanan 118 izolat ve 1985 ve 2003 yılları arasında toplanan 7 referans izolatını 31 (20 Avustralya çeşidi 11 uluslararası hat) arpa çeşidi üzerinde denemişlerdir. Tekauz (1985) skalasına göre değerlendirilen deneme sonucunda *Ptt* izolatlarda Beecher, Skiff ve Prior ayırıcı test çeşitlerine virülenslik durumlarına göre 3 gruba ayrılmışlar. Bu çeşitler üzerinde virülens frekansları sırası ile %6,7, %52,5 ve %29,6 olmuş ve bunlar survey izolatlardının % 83,9'unu oluşturmuşlardır. İzolatların %6,06'sı üç ayırıcı test çeşidinin ikisine virulent bulunmuş, üç ayırıcı test çeşidi üzerinde virulent olan bir izolat ise bulunamamıştır. Patotip analizleri Avustralya *Pyrenophora teres* f. *teres* populasyonunun

41 patotipten oluştuğunu, bu patotiplerden 17 sinin 2 veya daha fazla izolat ile temsil edildiğini göstermiştir. Beecher, Skiff ve Prior çeşitleri üzerinde virüent olan *Ptt* izolatları sırası ile 5, 13 ve 19 patotip ile temsil edilmişlerdir. Hiçbir *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatı, Clho 57912 genotipine virüent olarak bulunmamıştır. Bu genotipin Avustralya'da ağbenek hastalığının ağ formuna karşı faydalı bir dayanıklılık kaynağı olduğu vurgulanmıştır.

McLean ve ark (2014b), *Pyrenophora teres* f. *maculata* için yeni uluslararası arpa ayırıcı seti geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, bu sette Arimont, Baudin, Beecher, Cape, Chebec, CI11458, CI3576, CI5286, CI5791, CI7584, CI9214, CI9776, CI9819, CI9831, CI16150, Galleon, Haruna Nijo, Keel, Kombar, Skiff, Steptoe, Stirling, Summitt, Torrens, TR250 ve Yagan genotiplerini kullanmışlardır. Bunlardan 9 adedi daha önce genetik olarak karakterize edilmiştir. On dokuz adedi daha önceki çalışmalarda ayırıcı hat olarak tanımlanmış ve 5'i bu çalışmada yeni ayırıcı hat olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu sete bir hassas bir de dayanıklı kontrol genotipi eklenmiştir. Bu ayırıcı setin kullanıldığı Avustralya'nın 5 bölgesinde fide ve yetişkin bitki dönemlerinde bölgesel bazlı fazla miktarda patojenik çeşitlilik ortaya çıkarılmış, Kanada, Finlandiya ve Güney Afrika'da yapılan çalışmalarda ise çok daha fazla virülens çeşitliği tespit edilmiştir.

Gamba ve ark. (2014), Uruguay, Fas ve Suriye'den toplanan *Pyrenophora teres* f. *teres*'in farklı izolatlarındaki fenotipik çeşitliliğinin ortaya konduğu çalışmada 2011 ve 2014 yılları arasında farklı bölgelerden toplanan 179 adet tek spor izolatını 21 arpa genotipi üzerinde fide döneminde ve kontrollü koşullar altında denemişlerdir. Deneme sonucunda Uruguay, Fas ve Suriye populasyonlarında önemli ölçüde çeşitlilik gözlenirken bu populasyonlar arasında benzerlik bulunmamıştır.

Akhavan ve ark. (2014), Kanada'nın Alberta, Saskatchewan ve Manitoba bölgelerinden toplanan 126 adet *Pyrenophora teres* f. *teres* (*Ptt*) izolatı ssrDNA markörleri kullanarak kümeleme analizine tabi tutulmuşlardır. Bunların içinden 40 izolat

bu bölgeden toplanan patojen popülasyonunun patojenik varyasyonunun değerlendirilebilmesi için seçilmiştir. İzolatlar Batı Kanada izolatlarına karşı reaksiyonları bilinen 9 arpa ayırıcı çeşidi (iki sıralı Norbert, TR 473, CI 5791 ve CI 9820; altı sıralı Heartland, OAC21, Steptoe, BT201 ve CI 9214) üzerinde denenmiştir. İnokulasyondan bir hafta sonra 2 ve 3. yapraklar Tekauz (1985) 1-10 skalasına göre değerlendirilmiştir. 1-5 skala değerlerinin dayanıklı >5-10 değerlerinin ise hassas olarak değerlendirildiği çalışmada 40 adet izolatın 16 patotip belirlenmiştir. İzolatların % 43'ünü oluşturan 2 patotip grubu adı geçen bölgelerde baskın patotipler olarak bulunmuştur. Göreceli olarak daha agresif patotipler 1 veya 2 izolatla ayrı grupla oluşturmuşlardır. Bir izolat (MB14) 9 ayırıcı genotipin 8'ine virüent ve ortalama skala değeri 6,5 olarak bulunurken avirüent izolatın (MB11) ortalama skala değeri 2,8 olarak bulunmuştur. Genotipler arasında ise BT201 ve OAC21 sırasıyla 8 ve 7,5 skala değerlerini alarak en hassas genotipler olarak bulunmuştur. MB14 izolatı hariç CI 5791 ve CI9820 genotipleri, diğer bütün izolatlara dayanıklı olarak bulunmuşlar ve diğer tüm izolatların bu genotiplerde ortalama skala değerleri, sırasıyla 2,6 ve 2,7 olarak bulunmuştur.

Gamba ve Ziminov (2014) tarafından Fas'da *Pyrenophora teres* f. sp. *maculata*'nın virülens spektrumunun değerlendirildiği bir çalışmada 36 adet izolat 19 arpa genotipinden oluşan set üzerine fide döneminde ve kontrollü koşullar altında test edilmiştir. Deneme sonuçları Tekauz (1985) skalasına göre yapılmış olup 5 den düşük alan değerler dayanıklı yüksek alanlar ise hassas olarak değerlendirilmiştir. Deneme sonucunda *Pyrenophora teres* f. sp. *maculata*'nın Fas populasyonunda önemli ölçüde çeşitlilik ve yüksek virülens gözlenmiştir. On iki izolat (%33,33) tamamen farklı virülens profili sergilerken 10 izolatın (%27,78) bir ya da iki ayırıcı genotip ile enfeksiyon fenotipi ayrılmıştır. Kalan 14 izolat (%38,89) ise geniş oranda enfeksiyon fenotipi

göstermiştir. Bu 14 izolat daha çok hassas reaksiyon sergilemişlerdir.

Oğuz ve ark (2014) Türkiye'nin önemli arpa bölgelerinden 400 adet *Drechslera teres* tek spor izolatu elde etmişlerdir. Hem ağ hem de nokta formunu içeren izolatlar Patates Dekstroz Agarda gelişme hızı, koloni morfolojisi, renk ve patojenisite açısından farklılık göstermişlerdir.

Fiscor ve arkadaşları (2014a) arpa ağ benek hastalığı etmeni *Pyrenophora teres* ve arpa çizgili yaprak lekesi hastalığı etmeni *Pyrenophora graminea* ile ilgili yaptıkları çalışmada, Macaristan'ın dört farklı bölgesinden 204 izolat elde etmişlerdir. Toplanan 204 izolatin 99'u kışlık, 55'i yazlık arpalardan, 50'si ise buğday yaprak örneklerinden elde edilmiştir. Türe özgü PCR reaksiyonları ile izolatların %68'i *P. teres* f. *teres*, %26'sı *P. teres* f. *maculata* ve %6'sı *P. graminea* olarak bulunmuştur. *P. teres*'in iki formu her bölgede bulunurken biri hariç diğer tüm *P. graminea* izolatları Macaristan'ın doğu bölgesinde bulunmuştur. Yüzkırkdört izolatta eşleşme tipi genlerinin dağılımı araştırılmış ve MAT1 ve MAT2 genleri oranının *P. graminea*, *P. teres* f. *maculata* ve *P. teres* f. *teres*'de sırasıyla 5:3, yaklaşık 2:1 ve 1:1 olarak bulunmuştur. Her bir fungal türün/formun hem MAT1 hem de MAT2 izolatlarının yıllardır tüm bölgeye yayıldığı ve yerel popülasyonlar içinde yüksek ihtimalle eşeyli üremenin olabileceği vurgulanmıştır.

Fiscor ve arkadaşları (2014b) tarafından *P. teres* f. *teres*' in Macaristan izolatları arasındaki genetik çeşitliliğin araştırıldığı çalışmada 68 adet tek spor izolatu eşleşme tipi (MAT) ve RAPD profilleri için test edilmişlerdir. İzolatlar 2006-2010 yılları arasında dört coğrafik bölgedeki tarlalardan ve deneme alanlarındaki arpa yapraklarından elde edilmiştir. Toplam 29 MAT1 ve 39 MAT2 kültürü tanımlanmıştır. İki eşleşme tipi de bulunmuştur. Eşleşme tipleri aynı yaprakta, aynı tarlada veya coğrafik bölgede ve birkaç yılda bulunabilmiştir. Bu durum eşeyli üreme potansiyelini göstermektedir. 118 farklı RAPD bandının 171'i polimorfik olarak bulunmuştur ve tüm izolatlar benzersiz RAPD desenleri sergilemişlerdir. UPGMA kümeleme analizi ile

izolatlar dört ana izolat grubunda toplanmış ancak kümeler ve izolatların eşleşme tipi veya coğrafik orijini arasında genel bir korelasyon bulunamamıştır. MAT1 ve MAT2 izolatları arasında genetik farklılık gözlenmemiştir. İzolatların tarla tipi ve coğrafik orijinine göre düşük seviyede allelik farklılık gözlenmiştir. Yapılan analizler mevsimsel değişikliklerin izolatların genetik farklılıkları üzerinde çok büyük etkisi olduğunu desteklemektedir.

Ismail ve arkadaşları (2014) ağ benek hastalığı ağ formu etmeni *Pyrenophora teres* f. *teres*'in farklı virülensteki izolatlarının 'Sloop' arpa çeşidi üzerinde fungal büyüme ve konidi çimlenme oranlarını incelemişlerdir. Altı izolatin kültür filtrasyonundan proteinaceous toksinler ve farklı belirtiler oluşturan alt-fraksiyonlar ve farklı fraksiyonlar araştırılmıştır. Daha virulent izolatların enfeksiyon boyunca daha fazla konidial çimlenme ve appressorial oluşum gösterdiği ancak hifal uzunluğunun değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Her ne kadar 6 izolatin virülenslikleri düşükten yükseğe geçerse de bütün izolatların kültür filtrasyonlarından ekstrakte edilen proteinaceous toksinlerinin arpa yapraklarına enjekte edildiği zaman nekroz oluşturabildikleri görülmüştür. Çalışmada biyolojik olarak aktif fraksiyonlardaki proteinler (glycoside hidrolase, cysteine hidrolase, CFEM, domain-içeren protein, lactonase ve peptidase) tanımlanmıştır. Bunların önceden bitki hücre duvarı yıkımı, fungal gelişim ve konukçu patojen ilişkilerinde rol aldığı belirtilmiştir.

Leisova-Svobodova ve arkadaşları (2014) genellikle Çek ve Slovak Cumhuriyetlerinin farklı bölgelerinden toplanan *Pyrenophora teres* fungal patojeninin popülasyon yapısını mikrosatellit analiz (SSR) kullanarak incelemişlerdir. Çalışma kapsamında toplanan 305 adet *P. teres* f. *teres* (PTT) ve 82 adet *P. teres* f. *maculata* (PTM) izolatu gen çeşitliliği bakımından benzer olarak bulunmuştur. Yüksek seviyedeki genetik farklılık popülasyon yapısının varoluşunu göstermektedir. Bayesian yaklaşımı kullanılarak *P. teres* popülasyon çalışmalarının genetik yapısını temsil eden dokuz küme bulunmuştur. İki

küme PTM popülasyonu, 7 küme ise PTT popülasyonu oluşturmuştur. Zaman içinde doğal yolla enfekte olan popülasyonlar arasında farklılık görülmemiştir ve coğrafik uzaklık ile genetik uzaklık arasında ilişki bulunamamıştır. Sonuçlar *P. teres*' in yaşam çemberi içinde karışık çiftleşme sistemi olduğunu göstermektedir. PTM ile PTT arasında genetik farklılık değerinin her bir formun içindeki popülasyonlar arasındaki değerden daha düşük olmasına ve PTT ve PTM genomlarının karışımı olan bireyler bulunmasına rağmen *P. teres*' in iki formu genetik olarak ayrı popülasyonlara ayrılmıştır.

Shjerve ve arkadaşları (2014) tarafından arpada *Pyrenophora teres* f. *teres*' in virülens genetiğinin araştırılması amacı ile yapılan çalışmada, 15A ve 6A Kaliforniya izolatlarının çaprazlaması ile oluşan 118 adet döl izolatu Rika ve Kombar arpa hatları üzerinde denenmiştir. SNP, SSR ve AFLP markörleri ile oluşturulan genetik haritalarda *Pyrenophora teres* f. *teres*' in virülensliği ile ilişkili QTL taraması yapılmıştır. Çalışma sonucu ortaya çıkan veriler *P. teres* f. *teres*-arpa ilişkisinin dominant arpa hassasiyet genleri ile etkileşim içinde olan patojen tarafından üretilen nekrotrofik efektörlerin hassasiyeti tetikleme ile kısmen açıklanabileceğini ortaya koymuştur. Neupane ve arkadaşlarının (2015) *Pyrenophora teres* f. *maculata*' nın dört farklı izolata karşı etkili dayanıklılık kaynakları belirlemeye çalıştıkları çalışmada Amerika, Avustralya, Yeni Zelanda ve Danimarka' dan elde edilen patojenin izolatları kullanılarak dünya arpa koleksiyonundan 2062 adet arpa genotipi üzerinde fenotipleme çalışması yapılmıştır. Testlenen çok sayıda arpa genotipinden bazılarında izolata özgü hassasiyet görülmüştür. Ayrıca hem patojenin virülensinde hemde konukçu dayanıklı/hassas durumunda varyasyon gözlenmiştir. Çalışma sonucunda sadece 15 arpa genotipi tüm izolatlar karşı dayanıklılık göstermiştir. Bu genotiplerin gelecekte ıslah ve bitki dayanıklılığı çalışmalarında kullanılabileceği düşünülmektedir.

Akhavan ve arkadaşları (2015) morfolojik olarak aynı fakat genetik olarak farklı iki

formu (*P. teres* f. *teres* (Ptt) ve *P. teres* f. *maculata* (Ptm)) bulunan, ağ benek hastalığı etmeni *Pyrenophora teres* fungusunun Kanada'nın Alberta, Saskatchewan ve Manitoba bölgelerinden toplanan 220 adet izolatını mating type (eşleşme tipi) dağılımı ve sıklığı yönünden değerlendirmişlerdir. Çalışmada formlara özgü spesifik PCR primerleri ve MAT- spesifik (MAT1 ve MAT2) primerler kullanılmıştır. Ptt ve Ptm' nin MAT1 ve MAT2 idiomorfları aynı tarlada, aynı bitkide ve aynı yaprak üzerinde görülebilmektedir. Kanada'nın her üç bölgesinde de beklenen 1:1 MAT1/MAT2 oranı her iki form için de beklenenden önemli derecede sapma göstermemiştir. Kümeleme analizi izolatların, orta belirti oluşturan 30 izolat da dahil olmak üzere 2 ayrı grupta toplandığını ve bu izolatların Ptt veya Ptm olduğunu teyit etmiştir. Batı Kanada'dan toplanan 220 izolatta hibridizasyon belirlenmemiştir. Ağ benek hastalığı ağ formunun hala dominant form (%58) olduğu bulunmuştur. Araştırma verileri ağ ve nokta formunun eşeyli üremesinin Kanada'nın bu üç bölgesinde düzenli döngülerle olduğu izlenimini uyandırmıştır.

Wang ve ark (2015), fide ve yetişkin bitki döneminde *Pyrenophora teres* f. *maculata*' ya dayanıklılığı etkileyen QTL (quantitative trait loci)'leri bulmak amacı 898 arpa hattı kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Islah popülasyonlarında 29 QTL tanımlanmış olup bunların 22 adedi hem fide hem de yetişkin bitki döneminde dayanıklılık ile ilişkili olarak bulunmuştur. Kalan 7 QTL sadece ya fide dönemi (2 QTL) ya da yetişkin bitki döneminde dayanıklılık (5 QTL) ile ilişkili olarak bulunmuştur. Bu 29 QTL, 24 benzersiz genomik bölgeyi temsil etmektedir. Bunlardan 5'i daha önce ağ benek hastalığı nokta formu için tanımlanmıştır. Çalışma sonuçları nokta formuna dayanıklılığın etki büyüklüğü değişken çok sayıda QTL ile kontrol edildiğini ve kromozom 7H de geniş etkili QTL olduğunu vurgulamıştır. QTL bölgesinin büyük bir kısmı hem fide hem de yetişkin dönemde benzer yönde etki göstermektedir. Bu da nokta formuna dayanıklılık için fenotipik seçimin fide döneminde ya da ergin bitki

döneminde yapılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte moleküler ıslah stratejilerinde birkaç kromozom üzerinde toplanmış olan özel dayanıklılık allellerinin gözönünde tutulması gerektiği vurgulanmıştır.

Tartışma ve Sonuç

Mevcut çalışmalar patojenin nokta formu ile ilgili çalışmaları da kapsamına rağmen ağ formu daha çok vurgulanmıştır. Bunun nedeni dünyada ağ formunun daha yaygın oluşudur. Bu konuda değişik araştırmacılar değişik ayırıcı setler kullanmışlardır. Bu setlerin bazılarında nokta formu ve ağ formu için ortak arpa çeşitleri de bulunmaktadır. ABD (Wu ve ark, 2003), Kanada (Tekauz,1990), Akdeniz (Kharki ve Sharp, 1986) ve Avustralya (Gupta ve Loughman, 2001) koleksiyonlarını da içeren bu çalışmalarda çeşitli yaygın ayırıcı hatlar kullanılmıştır. Bu nedenle dünya çapında virülens çeşitliliğine ilişkin karşılaştırmalar yapılabilmektedir (Liu ve ark 2011).

Serenius ve ark. (2007), *P.teres* f. *maculata*'nın popülasyonlarının patojenik ve genetik yapısının her bir kıtada birbirinden farklı olmasının mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmalar yetiştirilmekte olan arpa çeşitleri değiştirildiğinde ağ benek hastalığı dayanıklılığının hızlı bir şekilde değiştiğini göstermiştir (Liu ve ark, 2011).

Yapılan bu çalışmalar *P.teres* f. *teres* ve *P.teres* f. *maculata* virülensliğinde lokal ve küresel düzeyde farklılıkların olduğunu göstermektedir. Ayrıca potansiyel tehdit edici patotipler belirlenerek patojenin önemli özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Araştırmacılar ayırıcı setleri kullanarak farklı bölgelerden elde edilen *P.teres* izolatlarının virülens fenotiplerini belirlemeye çalışmaktadır. Standart olarak kabul edilmiş ayırıcı setler *P.teres*'in virülens spektrumu çalışmalarını büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. *P.teres*'in virülensliğinin sürekli olarak izlenmesi bu patojene dayanıklılık çalışmalarını kolaylaştırmaktadır. Ek olarak, *P.teres*'in virülens spektrumunun bilinmesi uygun dayanıklılık stratejileri geliştirmeye yardımcı olmaktadır.

Dayanıklı arpa genotiplerinin çoğunun arpanın evrim merkezlerindeki genotipler arasında bulunduğu belirtilmiştir (Afanasenko ve ark, 2000). Ülkemiz, önemli arpa gen kaynaklarını barındırmaktadır (Kün 1996). Chakrabarti (1968) tarafından yapılan çalışmada dünya koleksiyonunda yer alan 6246 arpa varyetesi ağ benek hastalığına karşı test edilmiştir ve bu arpa varyetelerinden 417 si dayanıklılık göstermiştir. Otuz arpa varyetesi ise yüksek derecede dayanıklılık göstermiştir. Dayanıklılık gösteren varyetelerin çoğu Türkiye kökenlidir. Khan (1969) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise dünya arpa koleksiyonlarında yer alan Türkiye orjinli 8756 arpa varyetesinin *D.teres*'e karşı test edilmesi sonucunda 6 tanesi yüksek derecede dayanıklı bulunmuştur. Ülkemizde yapılan çalışmalarda çeşit ve genotiplerimizin dayanıklılık durumlarının geniş bir yelpaze gösterdiği ve dayanıklılık gösteren genotiplerin bulunduğu görülmüştür (Karakaya ve Akyol 2006, Taşkoparan ve Karakaya 2009, Gerlegiz 2013, Aktaşdoğan ve ark 2013,, Usta ve ark 2014, Yazıcı 2014). Ülkemizdeki mevcut arpa gen kaynaklarının etkili kullanımı bu hastalıkla mücadelede etkili yollardan biri olarak görülmektedir.

Ülkemizde ve dünyada önlem alınmadığı takdirde önemli kayıplara neden olabilen ağ benek hastalığına karşı en çevreci, uygulanması pratik ve çiftçi için karlı olan yöntem dayanıklı çeşit kullanımıdır. Dayanıklılık ıslahı çalışmalarında hastalık etmenlerinde ortaya çıkan virülens değişimlerinin izlenmesi önemlidir. Funguslarda, gen akışı, rekombinasyon, eşeyli üreme, mutasyonlar, başka bir yerden göç vb. yöntemlerle virülens değişiklikleri ortaya çıkabilmekte ve dayanıklı olarak belirlenen genotipler bu değişiklikler sonucu ortaya çıkan yeni virulent patotiplere karşı hassas reaksiyon verebilmektedir (Burdon ve Silk 1997, Liu ve ark, 2011). Fungusun ortaya çıkan yeni ırkları mevcut ırklardan daha virulent de olabilmektedir. Bu nedenle dayanıklılık çalışmalarının sürekli olması ve dayanıklılık kaynaklarının geniş bir spektrumu temsil etmesi gerekmektedir. İleride bu şekilde ortaya çıkabilecek değişimlerden en

az şekilde etkilenme ve ortaya çıkan bu yeni virülenslik durumlarına karşı dayanıklılık için geniş bir genetik taban oluşturma zorunluluğu bulunmaktadır. Mevcut gen kaynaklarımızı koruyarak ve kullanarak, hastalığın virülens değişimindeki farklılıkları izlenerek hastalıkla mücadelede en uygun stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Afanasenko O, Makarova I, Zubkovich , 2000. Proceedings of 8. International Barley Genetics Symposium, 2: 73-74
- Afanasenko OS, Anisimova AV, Jalli M, Pinnschmidt HO, Platz G, Yahyaoui A, Tvaruzek L, 2011. An international standard set of barley differential genotypes and experience of using it for populations studies of *Pyrenophora teres* f. *teres*. 4th International Workshop on Barley Leaf Blights, June 27-29, The James Hutton Institute, Dundee, Scotland.
- Afanasenko OS, Hartleb H, Guseva NN, Minarikova V, Janosheva M, 1995. A set of differentials to characterize populations of *Pyrenophora teres* Drechs. for international use. Journal of Phytopathology 143: 501-7.
- Afanasenko OS, Jalli M, Pinnschmidt, HO, Filatova O, Platz GJ, 2009. Development of an international standard set of barley differential genotypes for *Pyrenophora teres* f. *teres*. Plant Path., 58: 665-676.
- Akhavan A, Turkington K, Kebede B, Tekauz A, Kutcher HR, Kirkham C, Xi K, Kumar K, Tuckerg JR, Strelkov SE, 2015. Prevalence of mating type idiomorphs in *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* populations from the Canadian prairies. Canadian Journal of Plant Pathology, 37(1): 52-60.
- Akhavan AT, Turkington K, Askarian H, Tekauz A, Xi K, Kutcher R, Tucker JR, Kirkham C, Kumar K, Strelkov SE, 2014. Pathogenic diversity in *Pyrenophora teres* f. *teres* (net form net blotch of barley) populations from the Canadian Prairies. 1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, June 3-6, Salsomaggiore Terme, Italy.
- Aktaş H, 1987. Untersuchungen Über Die physiologische Variationen von *Drechslera teres* (Sacc.) Shomaker an der Mittclanatolien angebauten Gersten und die Feststellung der Reaktionen der Gerstensorten gegen diesen Erreger. J. Turk. Phytopathol., 16(2): 53-65.
- Aktaş H, 1995. Reaction of Turkish and German barley varieties and lines to the virulent strain T4 of *Pyrenophora teres*. Rachis, 14: 9-13.
- Aktaş H, 1997. Utersuchungen über die Netzfleckenkrankheiten (*Drechslera teres* Shoem. f. sp. *teres* Smedeg. *Drechslera teres* Shoem. f. sp. *maculata* Smedeg.) an Gerste. J. Turk. Phytopathol., 26:17-22.
- Aktaşdoğan D, Karakaya A, Çelik Oğuz A, Mert Z, Sayim İ, Ergün N, Aydoğan S, 2013. Bazı arpa genotiplerinin *Drechslera teres* f. *maculata* (Smed.-Pet., 1971)'ya karşı fide dönemi reaksiyonlarının belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 53(3):175-183.
- Arabi MIE, Al-Safadi B, Charbaji T, 2003. Pathogenic variation among isolates of *Pyrenophora teres*, the causal agent of barley net blotch. J. Phytopathology, 151: 376-382
- Bouajila A, Zoghalmi N, Al Ahmed M, Baum M, Ghorbel A, Nazari K, 2011. Comparative virulence of *Pyrenophora teres* f. *teres* from Syria and Tunisia and screening for resistance sources in barley: implications for breeding. Lett. Appl. Microbiol. 53: 489-502 .
- Boungab K, Belabid L, Fortas Z, Bayaa B, 2012. Pathotype diversity among Algerian isolates of *Pyrenophora teres* f. *teres*. Phytopathologia Mediterranea, 51(3): 577-586.
- Chakrabarti NK, 1968. Some effects of ultraviolet radiation on resistance of barley to net blotch and spot blotch. Phytopathology, 58(4): 467-471.
- Cherif M, Harrabi M, 1995. Virulence spectrum to barley in some isolates of *Pyrenophora teres*. Rachis, 14(1/2): 96.
- Cromey MG, Parkes RA, 2003. Pathogenic variation in *Drechslera teres* in New Zealand. New Zealand Plant Protection, 56: 251-256.

- Damgacı E, 2014. Arpa ağ benek (*Pyrenophora teres* Drechs.) hastalığının yayılış durumu, neden olduğu verim kaybı ve verim bileşenlerine etkisi üzerinde araştırmalar. Bitki Koruma Bülteni, 54(4):311-341.
- Douiyyi A, Rasmusson DC, Roelfs A P, 1998. Responses of barley cultivars and lines to isolates of *Pyrenophora teres*. Plant Dis., 82: 316-321.
- Fiscor A, Bakonyi, József, Csősz, Lászlóné Tomcsányi A, Varga J, Tóth B, 2014a. Occurrence of barley pathogenic *Pyrenophora* species and their mating types in Hungary. Cereal Research Communications, 42(4): 612-619.
- Fiscor A, Tóth, Beáta, Varga J, Csősz, Lászlóné, Tomcsányi A, Mészáros, Klára Kótai É, Bakonyi, József, 2014b. Variability of *Pyrenophora teres* f. *teres* in Hungary as revealed by mating type and RAPD analyses. Journal of Plant Pathology, 96(3): 515-523.
- Fowler R, Franckowiak J, Platz G, Hickey L, 2014. Pathotypic variation of the *Pyrenophora teres* f. *teres* population in Australia. 1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, June 3-6, Salsomaggiore Terme, Italy.
- Fowler RA, Platz GJ, 2011. Pathotype Diversity and Distribution of *Pyrenophora teres* f. *teres* in Australia. 4th International Workshop on Barley Leaf Blights, June 27-29, The James Hutton Institute, Dundee, Scotland.
- Gamba F, Yahyaoui A, Capettini F, 2011. Physiological and morphological characterization of *Pyrenophora teres* f. sp. *teres*. 4th International Workshop on Barley Leaf Blights, June 27-29, The James Hutton Institute, Dundee, Scotland.
- Gamba F, Ziminov M, 2011. Virulence profiles of *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* in Uruguay. 4th International Workshop on Barley Leaf Blights, June 27-29, The James Hutton Institute, Dundee, Scotland.
- Gamba FM, Ziminov M, 2014. Virulence spectrum of *Pyrenophora teres* f. sp. *maculata* in Morocco. 1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, June 3-6, Salsomaggiore Terme, Italy.
- Gamba FM, Ziminov M, Yahyaoui A, 2014. Phenotypic diversity of *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* in Uruguay, Morocco and Syria. 1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, June 3-6, Salsomaggiore Terme, Italy.
- Gerlegiz ET, Karakaya A, Çelik Oğuz A, Mert Z, Sayim İ, Ergün N, Aydoğan S, 2014. Assessment of the seedling reactions of some hullless barley genotypes to *Drechslera teres* f. *maculata*. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 28(2):63-68.
- Göbelez M, 1956. Orta Anadolu'nun bazı illerinde yetiştirilen kültür bitkilerinde, tohumla geçen bakteri ve mantari hastalıkların türleri yayılış alanları ve bunların takribi zarar derecelerinin tespiti üzerine araştırmalar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:107, Çalışmalar: 62, 131 s.
- Grewal TS, Rosnagel BG, Scoles GJ, 2008. The utility of molecular markers for barley net blotch resistance across geographic regions. Crop Science, 48
- Gupta S, Loughman R, 2001. Current virulence of *Pyrenophora teres* on barley in Western Australia. Plant Dis., 85: 960-966.
- Gupta S, Loughman R, D'Antuono M, Bradley J, 2012. Characterisation and diversity of *Pyrenophora teres* f. *maculata* isolates in Western Australia. Australasian Plant Pathol. 41: 31-40.
- Harrabi M, Kamel A, 1990. Virulence spectrum to barley in some isolates of *Pyrenophora teres* from the Mediterranean region. Plant Dis., 74: 230-232.
- İsmail IA, Godfrey D, Able AJ, 2014. Fungal growth, proteinaceous toxins and virulence of *Pyrenophora teres* f. *teres* on barley. Australasian Plant Pathology, 43(5): 535-546.
- Jonsson R, Bryngelsson T, Gustafsson M, 1997. Virulence studies of Swedish net blotch isolates (*Drechslera teres*) and

- identification of resistant barley lines. *Euphytica*, 94: 209-218.
- Jorgensen JH, Bech C, Jensen J, 2000. Reaction of European spring barley varieties to a population of the net blotch fungus. *Plant Breeding*, 119: 43-46.
- Karakaya A, Akyol A, 2006. Determination of the seedling reactions of some Turkish barley cultivars to the net blotch. *Plant Pathol. J.* 5 (1): 113-114.
- Karakaya A, Mert Z, Oğuz AÇ, Azamparsa MR, Çelik E, Akan K, Çetin L, 2014. Current status of scald and net blotch diseases of barley in Turkey. IWBLD–1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, Salsomaggiore Terme, Italy, June 3-6, 2014.
- Karki CB, Sharp EL, 1986. Pathogenic variation in some isolates of *Pyrenophora teres* f. *maculata* on barley. *Plant Dis.* 70: 684-687.
- Khan TN, Boyd WJR, 1969. Physiologic specialization in *Drechslera teres*. *Australian Journal of Biological Sciences*, 22: 1229-1235.
- Khan TN, Tekauz A, 1982. Occurrence and pathogenicity of *Drechslera teres* isolates causing spot-type symptoms on barley in Western Australia. *Plant Dis.* 66: 423-425.
- Kün E, 1996. Tahıllar-1 (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:1451. Ankara.332s.
- Legge WG, Metcalfe DR, Chiko AW, Martens JW, Tekauz A, 1996. Reaction of Turkish barley accessions to Canadian barley pathogens. *Can. J. Plant Sci.*, 76: 927-931.
- Lehmensiek A, Bester-van der Merwe AE, Sutherland MW, Platz G, Kriel WM, Potgieter GF, Prins R, 2010. Population structure of South African and Australian *Pyrenophora teres* isolates. *Plant Pathol.* 59: 504–515.
- Leiřová-Svobodová L, Minařiková V, Matušinsky P, Hudcovicová M, Ondreiřková K, Gubiř J, 2014. Genetic structure of *Pyrenophora teres* net and spot populations as revealed by microsatellite analysis. *Fungal Biology*, 118(2): 180-192.
- Liu Z, Ellwood SR, Oliver RP, Friesen TL, 2011. *Pyrenophora teres*: profile of an increasingly damaging barley pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 12 (1): 1-19.
- Mathre DE (ed.), 1982. *Compendium of Barley Diseases*. APS Press. Minnesota, 78 pp.
- McLean MS, Howlett BJ, Hollaway GJ, 2009. Epidemiology and control of spot form of net blotch (*Pyrenophora teres* f. *maculata*) of barley: a review. *Crop & Pasture Science*, 60: 303-315.
- McLean MS, Martin A, Gupta S, Sutherland MW, Hollaway GJ, Platz GJ, 2014a. Validation of a new spot form of net blotch differential set and evidence for hybridisation between the spot and net forms of net blotch in Australia. *Australasian Plant Pathol.*, 43:223–233.
- McLean MS, Turkington TK, Jalli M, Smit F, Platz GJ, 2014b. A new international differential set for testing *Pyrenophora teres* f. *maculata*. 1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, June 3-6, Salsomaggiore Terme, Italy.
- McLean MS, Turkington TK, Platz GJ, Martin A, Sutherland MW, Howlett BJ, Hollaway GJ, 2011. Development of an international differential set for *Pyrenophora teres* f. *maculata*. 4th International Workshop on Barley Leaf Blights. June 27-29, The James Hutton Institute, Dundee, Scotland.
- Neupane A, Tamang P, Brueggeman RS, Friesen TL, 2015. Evaluation of a Barley Core Collection for Spot Form Net Blotch Reaction Reveals Distinct Genotype-Specific Pathogen Virulence and Host Susceptibility. *Phytopathology*, 105(4): 509-517.
- Oğuz AÇ, Karakaya A, Mert Z, 2014. Morphological and pathological variation detected among Turkish isolates of *Drechslera teres*. IWBLD–1st International Workshop on Barley Leaf Diseases, Salsomaggiore Terme, Italy, June 3-6, 2014.
- Owino AA, Ochuodho JO, Were JO, RopN, 2014. Response of Spring and Winter Barley to *Pyrenophora teres* under High and Medium Altitude Zones of Kenya.

- International Journal of Research In Agriculture and Food Sciences, 2 (2): 1-10.
- Platz GJ, Bell KL, Rees RG, Galea VJ, 2000. Pathotype variation of the Australian net blotch population. Barley Genetics VIII. Volume II. 8th International Barley Genetics Symposium. 22-27 October, 160-162, Adelaide, South Australia.
- Pon DS, 1949. Physiologic specialization and variation in *Helminthosporium teres* (Abstr.). Phytopathology, 39:18.
- Sato K, Takeda K, 1993. Pathogenic variation of *Pyrenophora teres* isolates collected from Japanese and Canadian spring barley. Bull. Res. Inst. Bioresour. Okayama Univ., 1:147-158.
- Serenius M, Manninen O, Wallwork H, Williams K, 2007. Genetic differentiation in *Pyrenophora teres* populations measured with AFLP markers. Mycol. Res. 111: 213-223.
- Shipton WA, Khan TN, Boyd WJR, 1973. Net blotch of barley. Review of Plant Pathology, 52: 269-290.
- Shjerve RA, Faris JD, Brueggeman RS, Yan C, Zhu Y, Koladia V, Friesen TL, 2014. Evaluation of a *Pyrenophora teres* f. *teres* mapping population reveals multiple independent interactions with a region of barley chromosome 6H. Fungal Genetics and Biology, 70: 104-112.
- Steffenson BJ, Webster RK, 1992a. Quantitative resistance to *Pyrenophora teres* f. *teres* in barley. Phytopathology. 82: 407-411.
- Steffenson BJ, Webster RK, 1992b. Pathotype diversity of *Pyrenophora teres* f. *teres* on barley. Phytopathology. 82: 170-177.
- Taşkoparan H, Karakaya A, 2009. Assessment of the seedling reactions of some barley cultivars to *Drechslera teres* f. *maculata*. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23(50): 60-62.
- Tekauz A, 1978. Incidence and severity of net blotch of barley and distribution of *Pyrenophora teres* biotypes in the Canadian prairies in 1976. Can. Plant Dis. Surv., 58(1): 9-11.
- Tekauz A, 1985. A numerical scale to classify reactions of barley to *Pyrenophora teres*. Canadian Journal of Plant Pathology, 7:181-183.
- Tekauz A, 1990. Characterization and distribution of pathogenic variation in *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* from western Canada. Can. J. Plant Pathol., 12: 141-148.
- Tekauz A, Buchannon KW, 1977. Distribution of and sources of resistance to biotypes of *Pyrenophora teres* in western Canada. Can. J. Plant Sci., 57: 389-395.
- Tekauz A, Desjardins M, Kleiber F, 2011. Evaluating the *Pyrenophora teres* international standard barley differential set with Canadian isolates of the pathogen. 4th International Workshop on Barley Leaf Blights, June 27-29, The James Hutton Institute, Dundee, Scotland.
- Tekauz A, Mills JT, 1974. New types of virulence in *Pyrenophora teres* in Canada. Can. J. Plant Sci., 54: 731-734.
- Tuohy JM, Jalli M, Cooke BM, O'Sullivan E, 2006. Pathogenic variation in populations of *Drechslera teres* f. *teres* and *Drechslera teres* f. *maculata* and differences in host cultivar responses. Eur. J. Plant Pathol. 116: 177-185.
- Usta P, Karakaya A, Çelik Oğuz A, Mert Z, Akan K, Çetin L, 2014. Determination of the seedling reactions of twenty barley cultivars to six isolates of *Drechslera teres* f. *maculata*. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 29 (1): 20-25.
- Wang X, Mace ES, Platz GJ, Hunt CH, Hickey LT, Franckowiak JD, Jordan DR, 2015. Spot form of net blotch resistance in barley is under complex genetic control Theoretical and Applied Genetics, 128(3): 489-499.
- Wu H-L, Steffenson BJ, Li Y, Oleson AE, Zhong S, 2003. Genetic variation for virulence and RFLP markers in *Pyrenophora teres*. Can. J. Plant Pathol., 25: 82-90.
- Yazıcı B, Karakaya A, Çelik Oğuz A, Mert Z., 2015. Determination of the seedling reactions of some barley cultivars to *Drechslera teres* f. *teres*. Bitki Koruma Bülteni, 55(3): 239-245.