

## Yabani arpa (*Hordeum spontaneum*) ve hastalıklara dayanıklılık

Esra ÇELİK<sup>1</sup> Aziz KARAKAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Eskişehir İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Eskişehir

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Dışkapı, Ankara

### Özet

Arpanın (*Hordeum vulgare*) gen merkezlerinden birisi olan Türkiye ve yakın çevresinde 2-sıralı yabani arpa (*Hordeum spontaneum*) çok yaygın olarak bulunmaktadır. Yabani arpa (*Hordeum spontaneum*) hastalıklara dayanıklılık yönünden çok değerli bir kaynaktır. *Hordeum spontaneum* ile yapılan dayanıklılık çalışmalarında ümitvar sonuçlar elde edilmiştir. Bu derlemede *Hordeum spontaneum* ve hastalıklara dayanıklılık çalışmaları özetlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yabani arpa, *Hordeum spontaneum*, hastalıklara dayanıklılık

### Wild barley (*Hordeum spontaneum*) and disease resistance

#### Abstract

Turkey and the surrounding area is one of the gene centers of barley (*Hordeum vulgare*). Two rowed wild barley (*Hordeum spontaneum*) is commonly grown in this area. Wild barley (*Hordeum spontaneum*) is a valuable source for resistance to diseases. Promising results were obtained in resistance studies performed with *Hordeum spontaneum*. In this review, studies related to *Hordeum spontaneum* and disease resistance are summarized.

**Key words:** Wild barley, *Hordeum spontaneum*, disease resistance

### Giriş

Arpa (*Hordeum vulgare*), dünyada ve ülkemizde buğdaydan sonra en fazla ekilip üretilen serin iklim tahıdır. Daha çok hayvan beslenmesinde kullanılan arpa malt sanayiinde de kullanılmaktadır (Geçit ve ark. 2009).

Kültür arpasının (*Hordeum vulgare*) atası olan yabani arpa (*Hordeum spontaneum*, eşanlamlısı: *H. vulgare* subsp. *spontaneum*), 5.5 milyon yıl önce Güneybatı Asya'dan orijinini almış ve Doğu Akdeniz, Balkanlar, Kuzey Afrika, Orta Asya ve Tibet'e dağılmıştır (Nevo 2012).

Orta Doğu'nun özellikle Bereketli Hilal Bölgesi yabani arpa (*Hordeum spontaneum*)'nın en çok çeşitlilik gösterdiği bölge olarak bilinmektedir. Arpanın değişik gen merkezlerinden birisi olan Anadolu ve yakın çevresinde 2-sıralı yabani arpa

(*Hordeum spontaneum*) çok yaygın olarak bulunmaktadır (Kün 1988, Ellis ve ark. 2003).

*Hordeum* L. cinsinde çok sayıda yabani tür bulunmaktadır. İki-sıralı yabani arpa (*Hordeum spontaneum*) diploiddir ( $2n=14$ ) (Kün 1988).

Yabani arpa (*Hordeum spontaneum*)'nın başak ekseninin bir boğumundan üç başakçık çıkar. Bunlardan yalnız ortadaki dane bağlar, yandakiler kısırdir. Daneleri kavuzlu olup geç çimlenir. Kılçığı çok uzun (12-15 cm) ve dişlidir. Başak uzun, seyrek, başak eksenini kırılıcı, başak eksenini boğumları sık tüylüdür (Kün 1988).

*Hordeum spontaneum* hastalıklara dayanıklılıkta zengin bir kaynak olarak görülmektedir (Nevo 2012).

Yapılan çalışmalar ile *Hordeum spontaneum*'un hastalıklara dayanıklılıktaki geniş tabanının kültürü yapılan çeşitlere aktarılması hedeflenmektedir.

### **Yabani arpa (*Hordeum spontaneum*) ve hastalıklara dayanıklılık çalışmaları**

Jin ve ark. (1995), yaptıkları bir çalışmada, *Puccinia hordei*'nin patotiplerine dayanıklılık için yabani arpa ve kültürü yapılan arpaları değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada, orijinal olarak Fas'dan toplanan *Puccinia hordei* izolatu (ND89-3), Rph3 genine sahip ve düşükten orta dereceye kadar dayanıklılık seviyesi gösteren (enfeksiyon tipi 12) Estate (CI3410) çeşidi hariç arpa genotiplerinin çoğunda virulent olarak bulunmuştur. ND89-3 izolatının *P. hordei* için en geniş virulenslik spektrumuna sahip olduğu rapor edilmiştir. Çoğu Akdeniz Bölgesi'nden ve Kuzey Afrika'nın bazı bölgelerinden elde edilen 1997 *H. vulgare* örneği ve 885 *H. spontaneum* örneği, *Puccinia hordei*'nin ND89-3 izolatu kullanılarak fide döneminde yeni kahverengi pasa dayanıklılık kaynakları bulabilmek amacı ile test edilmiştir. *H. vulgare*'nin 58 örneği ve *H. spontaneum*'un 222 örneğinin bu izolata karşı düşük enfeksiyon tipi gösterdiği bulunmuştur. Bu dayanıklılık örneklerinin daha sonra Rph3, Rph7 ve Rph12 için virulent *P. hordei* izolatları ile muamelesi sonucunda elde edilen veriler, dayanıklı *H. vulgare* örneklerinin çoğunun muhtemelen Rph3 dayanıklılık genini içerdiğini göstermektedir. Veriler, *H. vulgare*'de ek etkili dayanıklılık kaynaklarının oldukça sınırlı olabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada, 5 *H. vulgare* ve 167 *H. spontaneum* örneği, kahverengi pasa dayanıklılık için yeni muhtemel gen kaynakları olarak tanımlanmıştır. Bu örnekler, 4 kahverengi pas izolatu karşı reaksiyonları dikkate alındığında muhtemelen Rph1'den Rph12'ye kadar olan veya bunların kombinasyonlarından daha değişik dayanıklılık genlerini içermektedirler. Arpa ıslahında bu örneklerin kullanımı *P. hordei*'nin genetik kontrolü için uygun germplasm kaynağını genişletecektir.

Brooks'un (1993) yaptığı bir çalışmada *H. spontaneum*'dan elde edilen *Puccinia hordei*'ye dayanıklı BC2F1 materyali ekilmiş ve fideler D2 ırkı ile (Pa7 dayanıklılık geni taşıyan bitkilerde avirulent ve Pa3 dayanıklılık geni taşıyan bitkilerde virulent) inokule

edilmiştir. Bu geri melezlemede, hassas Mana ve orta derecede dayanıklı Ingrid çeşitleri kullanılmıştır. Birka (Pa3 dayanıklılık geni taşıyan) ve K1367 (Pa7 ve Pa3 dayanıklılık genlerini taşıyan) dayanıklı hatları ile dayanıklı *H. spontaneum* örnekleri arasındaki melezlemeden elde edilen F2 populasyonları da test edilmiştir. Sonuçlar, *H. spontaneum*'dan elde edilen dayanıklılığı taşıyan hatlar ile yapılan çalışmalarda dayanıklılık için birden fazla majör genin aktarıldığını göstermektedir. Bu durum, D2 ırkının *H. spontaneum*'dan elde edilen dayanıklılık genleri içeren materyal üzerinde tamamen virulent olmadığı ve transfer edilen dayanıklılık genlerinin Pa3 ve Pa7'den bağımsız olduğunu göstermektedir.

Walther (1991), yaptığı bir çalışmada kahverengi pas hastalığı (*Puccinia hordei*)'na karşı dayanıklılık için Gatersleben arpa koleksiyonunu değerlendirmiş ve sonuçları kışlık ve yazlık arpa ıslahında kullanmıştır. Çalışmada, Gatersleben koleksiyonundan 6632 arpa örneği içinden Pa7 genini taşıyan tam dayanıklı 13 örnek ve kısmi dayanıklı (Vada çeşidi ile benzer) 142 örnek seçilmiştir. Ayrıca 500 *H. spontaneum* örneğinden 305 adet dayanıklı form seçilmiştir. Bu 305 dayanıklı formdan 168'inin yaprak parçası testi ile dayanıklılığı doğrulanmıştır. Test çalışması, ikinci yaprakların orta kısmının spor süspansiyonu ile inokulasyonu ve 18°C'de 7 gün inkübasyonu şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu da kısmi dayanıklı materyalin tarla testleri için gerekli zamanı 4 yıldan 2 yıla düşürmüştür. Ek dayanıklılık genleri, F1'de double haploid yolu ile başarılı bir şekilde hassas Salome çeşidine aktarılmıştır.

Manisterski ve Anikster (1995) *Hordeum spontaneum* örnekleri H.S.586, H.S.694, H.S.695, H.S.780 ve H.S.1161-2'de kahverengi pasa dayanıklılık sağlayan 2 yeni geni rapor etmişler ve bu genleri Rph13 ve Rph14 olarak isimlendirmişlerdir.

İsrail'de *Hordeum spontaneum*'un doğal olarak yetiştiği 16 bölgeden 292 adet *H. spontaneum* örneği toplanmıştır. İsrail'den ve ABD'den elde edilen 2 *P. hordei* izolatu kullanılarak, bu örneklerin etmene karşı reaksiyonları belirlenmiştir. Örneklerin %52'si

Tel-Aviv izolata karşı dayanıklı ve %67'si ABD'den elde edilen 57.19 izolata karşı dayanıklı olarak bulunmuştur. Örneklerin %43'ü her iki izolata karşı dayanıklı olarak bulunmuştur. Örneklerin ortalama enfeksiyon tipi 0-9 skalasında, 2,7-7,5 arasında değişmiştir. Örneklerin çoğu yıllık buharlaşmanın daha az olduğu, nem oranının daha yüksek olduğu ve kavuzların daha kısa olduğu 1400 ve daha yüksek rakımlarda dayanıklı olarak bulunmuştur. Dane ağırlığı ve yıllık yağışın dayanıklılık ile bir korelasyonunun olmadığı görülmüştür. İsrail'den elde edilen *P. hordei* izolata dayanıklı olan *H. spontaneum* örneklerinin yüzdesi, ABD'den elde edilen *P. hordei* izolata dayanıklı olan örnekler göre daha düşük olarak bulunmuştur (Moseman ve ark. 1990).

Manisterski vd. (1986), İsrail'den elde edilen yabancı arpa örneklerinin ABD ve İsrail'den toplanan kahverengi pas izolatlara dayanıklılığını değerlendirmişlerdir. Yabancı arpa (*Hordeum spontaneum*), kültür arpalarını (*H. vulgare*) geliştirmek için kullanılmaktadır. Yabancı arpa, kahverengi pasa (*Puccinia hordei*) dayanıklılık için bir gen kaynağıdır. Fakat bu kaynak virulens aralığı dar olan yalnızca birkaç bölgede değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, 10 yıl boyunca İsrail'de bulunan birçok kahverengi pas izolata maruz kalmış yabancı arpa örnekleri, İsrail'de ve ABD'de virulenslikleri ve orijinleri çok farklı olan 11 izolata karşı sera ve tarla şartlarında dayanıklılık durumları bakımından tekrar değerlendirilmiştir. Fidelik reaksiyonları yabancı arpada kahverengi pas hastalığına dayanıklılığın yaygın olduğunu doğrulamıştır. 12 örnek her bir test edilen bölgedeki bütün izolatlara dayanıklı olan bitkileri içermektedir. Minnesota'da arazi ve seradaki örneklerin dayanıklılık reaksiyonları genel olarak benzer bulunmuştur. Dayanıklılık İsrail'in Bet Dagan bölgesinde arazide düşük enfeksiyon tipi gösteren pas ve aynı zamanda yavaş paslanma ile tanımlanmıştır. Bazı hatlar ABD'de tamamen pasa dayanıklı olarak bulunmuştur. Fakat bu hatlar İsrail'de yavaş paslanma belirtileri göstermiştir. İsrail'in

kurak bölgelerinden elde edilen tüm örnekler patojenin tüm izolatlara hassas olarak bulunmuştur. Çalışılan örnekler ve çalışma yöntemleri, konukçu parazit evriminde ve özellikle uyuşma göstermeyen ilişkilerde derinlemesine çalışmalar için yararlı olabilir.

Jin ve Steffenson (1994), "Yabancı ve kültür arpasında *Puccinia hordei*'ye dayanıklılığın kalıtımı" konulu bir çalışma yapmışlardır. *H. vulgare* ve *H. spontaneum*'un birkaç örneği kullanılarak yapılan *P. hordei*'ye dayanıklılık çalışması sonucunda, *P. hordei* virulens genlerinin, Rph1-Rph12 dayanıklılık genlerinin sağladığı dayanıklılığı etkisiz hale getirmesi *H. vulgare*'nin Aim çeşidinin Rph3 dayanıklılık genini içerdiğini göstermiştir. Bu gen ND8702 izolata karşı dayanıklılık için dominant fakat, ND89-3'e dayanıklılıkta çekinik olarak görülmüştür. Allelizm testleri Rph3 allelinin Mısır ve Akdeniz Bölgesi'nden elde edilen arpa örneklerinde yüksek frekansta bulunabileceğini göstermektedir. İzleyen *H. vulgare* örnekleri muhtemelen Rph1-Rph12'den farklı genler içermektedir: CI10506 (bir dominant gen), PI531849 (bir dominant gen) ve PI531990 (Rph3'e ek olarak bir resesif gen). *H. spontaneum* örnekleri, hem *Puccinia hordei*'ye dayanıklı gen sayılarında, hem de pas izolatlara ile bu etkileşim tiplerinde, *H. vulgare* örneklerinden daha geniş bir çeşitlilik göstermektedir. *H. spontaneum*'un test edilen örneklerinin çoğu dominant ve resesif genlerin ikisinin de yaygın olduğu birden fazla dayanıklılık geni içermektedir.

Araja ve Rashal (2001), yaptıkları bir çalışmada İsrail'den elde edilen 130 *H. vulgare* subsp. *spontaneum* örneğini arpa küllemesine (etmeni: *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) dayanıklılık için test etmişlerdir. Letonya'da 1988-1999 yıllarında gerçekleştirilen arazi testlerinde örneklerin %73'ü küllemeye yüksek veya orta derecede dayanıklı olarak görülmüştür. Yüksek derecede dayanıklı örnekler 2 arpa küllemesi izolata ile laboratuvar koşullarında test edilmiştir. 21 örnek her iki izolata da dayanıklılık göstermiştir. Bunların 5'i her iki izolata karşı (tip 0)= enfeksiyonsuz olarak kaydedilmiştir. 21 örneğin hepsi 3 yıl boyunca

1998-2000 yıllarında arazi testlerinde küllemeye dayanıklılık göstermiştir. 2000 yılında yeni dayanıklılık için bir ek kaynak olarak hassas Letonya arpa çeşidinden geliştirilen somaklonal hatlar arazide test edilmiştir. Sm 97,1 ve Sm 97,2 isimli 2 hattın küllemeye yüksek dayanıklılık gösterdiği bulunmuştur.

Türkiye’de yapılan bir çalışmada yaklaşık olarak 200 *H. spontaneum* bitkisi, 1996 ve 1997’de Meryemana, Emiralem ve Bornova’da bitki gelişiminin erken aşamasında etiketlenmiştir. Külleme hastalığı (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) şiddeti ve seçilmiş bitkilerin canlılığı, 4-5 yapraklı dönemden başaklanmaya kadar olan aşamada 3 kez incelenmiştir. Bu inceleme, sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Populasyonlar arasında hastalık şiddeti bakımından farklılıklar görülmüştür. Hastalık şiddeti Emiralem’de oldukça düşük bulunmuştur. Hastalık şiddeti gelişme periyodu süresince artış göstermiştir. Canlı bitkilerin yüzdesi 3 populasyonda başaklanma aşamasında benzerlik göstermiştir, fakat iki yıl arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Canlılığını kaybetmiş bitkilerin sayısı 1996’da %15 ve 1997’de %36 olarak kayıt edilmiştir (Zeybek ve ark. 1999).

İsrail’den toplanan *Hordeum spontaneum*’un farklı örnekleri ile iki adet kışlık arpa (*Hordeum vulgare*) çeşidi melezlenmiştir. Oluşan F7 neslinden elde edilen 24 arpa hattı, bilinen külleme dayanıklılık genlerinin virulenslik spektrumu ile tamamen eşleşen virulenslik genlerine sahip olan 10 adet Avrupa’dan ve 5 adet İsrail’den temin edilen külleme izolatları ile test edilmiştir. Reaksiyon desenleri karşılaştırıldığında, *H. spontaneum*’da yeni dayanıklılık genlerinin bulunduğu ve bu genlerin İsrail’de yabancı arpalarda daha önceden tanımlanan dayanıklılık genlerinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır. Bazı durumlarda iki arpa çeşidinden birisinin dayanıklılık reaksiyonunun ifadesine katkısı net olarak ortaya konulmuştur. Hatların çoğunluğu Avrupa izolatlarının hepsine veya hemen hemen hepsine yüksek derecede dayanıklı

olarak bulunmuş olmalarına karşın, İsrail izolatlarına karşı değişik reaksiyonlar sergilemişlerdir. *Hordeum spontaneum*’dan kışlık arpalara yeni külleme dayanıklılığının etkili transferinin, yazlık arpalardan elde edilen sonuçlarla benzer olduğu görülmüştür. İsrail’de doğal olarak bulunan yabancı arpa populasyonlarının arpada külleme hastalığına karşı henüz yeterince değerlendirilememiş önemli bir gen havuzu olduğu görülmektedir (Kintzios ve Fischbeck 1996a).

İran, Irak, Türkiye ve Orta Asya orijinli 162 yabancı arpa (*H. spontaneum*) örneği *Erysiphe graminis*’e karşı dayanıklılık için test edilmiştir. Dayanıklılıkta görülen farklar, benzer bölge orijinli kültür arpasının 145 yerel çeşidi ile karşılaştırılmıştır. Japonya’dan elde edilen patojenin 10 farklı izolatı, konukçu bitkinin ilk yapraklarına inokule edilmiştir. Enfeksiyon tipleri, i (hastalık görülmeyen-immun- tipi ve benzeri), R (yüksek derecede dayanıklı), M (orta derecede dayanıklı) ve S (yüksek derecede hassas) olarak sınıflandırılmıştır. i, R veya M enfeksiyon tipi dayanıklı örnekler, yabancı arpa örneklerinde kültür formlarına göre daha sık bulunmuşlardır. Üç dayanıklılık reaksiyonundan M tipi yabancı arpada en sık olarak görülmüştür. On izolat için dayanıklılığın derecesi, yabancı ve kültür arpası örnekleri için hesaplanmıştır. Yabancı arpa, kültür arpasından daha düşük dayanıklılık göstermiş ve bu durum kümelenme analizi ile de onaylanmıştır. 2 değişik izolatın reaksiyonlarının bağımsızlığını belirlemek için  $\chi^2$  testi yapılmıştır. Sonuçlar yabancı arpada dayanıklılık faktörü veya faktörlerinin patojene özgü olmadığını doğrulamıştır. *H. spontaneum*’un küllemeye karşı dayanıklılık ıslahında yararlı bir genetik kaynak olabileceği düşünülmektedir (Fukuyama ve ark. 1994).

*Blumeria graminis* f. sp. *hordei* (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) ile enfekte edilmiş Prizma arpa çeşidinin 4. yaprağı ve yabancı arpa (*H. spontaneum*) hatları 1-17-40 ve B19909’un aynı patojenle enfekte edilmiş alt 3 yaprağı kompensatuar fotosentez açısından çalışılmıştır. Alt 3 yaprağın enfeksiyonu yalnızca küllemeye dayanıklı B19909 hattında fotosentez oranını ve kuantum etkinliğini

artırmıştır. Bu durum kompensatuar fotosentezin yabancı arpada patojene toleransda önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Enfeksiyonun klorofil içeriği ve solunum üzerinde önemli etkileri görülmemiştir (Akhkha 2008).

Dayanıklı *H. vulgare* Aramir çeşidi ve *H. spontaneum*'un 13 örneği arasındaki melezlemeden elde edilen 20 F4 hattı ve *H. spontaneum*'un 20 örneğinin kullanıldığı bir çalışmada (Mastebroek ve ark. 1995) külemeye dayanıklılığın genetik analizleri yürütülmüştür. 17 örnekte 2 dayanıklılık geni ve 1 örnekte ise 3 dayanıklılık geni belirlenmiştir. 2 örnekte yalnızca 1 dayanıklılık geninin mevcut olduğu görülmüştür. 20 ıslah hattı, enfeksiyon tipi ve enfeksiyon düzeyinde geniş çeşitlilik göstermiştir. Dayanıklılık genleri arasındaki genetik ilişkiler 7 adet en fazla dayanıklılık gösteren F4 hattında incelenmiştir. Bu F4 hatlarında farklı dayanıklılık genleri taşıyanlar 3 gruba ayrılmıştır. İki hatta bulunan dayanıklılık geninin ırka özgü olduğu bulunmuştur.

Diğer bir çalışmada Jahoor ve Fischbeck (1993), hassas *Hordeum vulgare* çeşitleri Piccolo ve Diamant ile İsrail'den elde edilen küleme hastalığına dayanıklı *H. spontaneum* örnekleri arasında melezlemeler yapmıştır. F7 neslinden elde edilen hatlarla yapılan genetik çalışmalar, bu hatların Mla lokusunda veya yakınında bulunan dominant külemeye dayanıklılık genlerini taşıdığını göstermiştir. 10 Avrupa ve İsrail küleme izolatu kullanılarak elde edilen RS170-10 X Piccolo A, Diamant X 1B-20, RS1-8 X PiccoloE ve Diamant X 1B-151 hatlarının dayanıklılık spektrumunun önceden tanımlanmış olan Mla allellerinden farklı olduğu görülmüştür. Bu 4 hattaki allellerin Mla25, Mla26, Mla27 ve Mla28 olarak isimlendirilmesi önerilmiştir. Ek olarak, bu hatların ve ebeveynlerinin RFLP paternleri, Mla lokusuna çok yakın bağlantılı olan MWG 1H036, MWG 1H060 ve MWG 1H068 problemleri ile hibridizasyonu sonucunda 2 adet çift crossover olayı tanımlanmıştır.

1997 yılında yaprak parçası testi kullanılarak 3 *H. spontaneum* popülasyonunun külemeye (*Blumeria*

*graminis* f. sp. *hordei*) dayanıklılığını çalışmak amacıyla tarla denemesi kurulmuştur. Mukayese için; arpa ıslahında kullanılan dayanıklılıkların çoğunu temsil eden 44 arpa hattı ayırıcı set olarak kullanılmıştır. *H. spontaneum* örnekleri, arpa ayırıcı setindeki reaksiyonlarına göre seçilen 21 izolat ile enfekte edilmiştir. *H. spontaneum* örneklerinin sonuçları kullanılan arpa ayırıcı seti sonuçları ile benzerlik göstermemiştir. Dayanıklılık çok nadir olarak görülmüştür. Popülasyonlarda 21 izolatin 13'üne karşı hiç dayanıklılık görülmemiştir. *H. spontaneum* hatlarının çoğunda yatay dayanıklılık görülmüştür (Zeybek ve Yigit 2002).

ABD Tarım Bakanlığı-Ulusal Küçük Daneli Tahıl Koleksiyonundan olup Aberdeen'de muhafaza edilen toplam 1383 yabancı arpa (*H. spontaneum*) örneği, Çek Cumhuriyeti'nde külemeye karşı dayanıklılık için taranmıştır. Örnekler, seçilen küleme patotiplerine fide dönemi reaksiyonları için ve aynı zamanda arazide örneklerin olgun bitki dayanıklılığı için sırasıyla test edilmiştir. 123 örnek, 22 patotipe karşı serada (reaksiyon tipi 2-3 ya da daha düşük) dayanıklılık göstermiştir. Aynı zamanda, en az 2 yıl boyunca, Çek Cumhuriyeti'nde arazide bu patojenin doğal popülasyonlarına dayanıklılık görülmüştür. Bu örnekler külemeye dayanıklılık için arpa ıslah programlarında ümit verici kaynaklar olarak görünmektedir (Dreiseitl ve Bockelman 2003).

348 yazlık ve 24 kışık arpa hatlarını içeren, 372 Çek ve Slovak ıslah hatlarının külemeye (*Erysiphe graminis*) dayanıklılığının genetik temeli, 16-32 adet küleme izolatu kullanılarak 1996-2000 yıllarında değişik bölgelerde test edilmiştir. Küleme hastalığına dayanıklılık yönünden 17 kaynak (Al, Ar, At, Bw, HH, Kw, La, Ly, MC, Mlo, N81, Ra, Ri, Ru, Sp, Tu ve We) belirlenmiştir. Bu dayanıklılığın 142 hatta uniform olmadığı, küleme hastalığına dayanıklılığın olduğu ve en az iki farklı komponent içeren farklı genetik temellerden oluştuğu görülmüştür. En sık görülen dayanıklılık Mlo olup 99 yazlık arpa hattında görülmüştür. 118'i heterojen olan 147 hatta dayanıklılık teşhis edilememiş veya bilinmeyen dayanıklılıklar bulunmuştur. Yazlık

ve kışlık arpa hatlarındaki dayanıklılığın arka planı farklı olarak bulunmuştur. Küllemeye dayanıklı arpa çeşitlerinin ıslahında, Mlo dayanıklılığı, belli ölçüde Ri ve Tu dayanıklılıklarının kombinasyonu, test edildikten sonra, bazı bilinmeyen dayanıklılıkların kullanımı tavsiye edilebilir. Tercihen, *H. vulgare* ssp. *spontaneum*'dan elde edilen yeni dayanıklılık kaynakları kullanılmalıdır (Dreiseitl 2001).

Akdeniz Bölgesi'nde daha önce külleme hastalığına dayanıklılık kaynakları olarak belirlenen 123 yabancı arpa örneğinden 121'i ve 20 standart çeşit İsrail'den elde edilen 38 adet külleme hastalığı izolatu ile fide döneminde test edilmiştir. 134 adet değişik dayanıklılık spektrumu belirlenmiştir. Mlo ve Mlhb2 genlerini içeren standard çeşitlerde ve PI 466634 örneğinde yüksek oranda çeşitliliğin olduğu ve eski kaynaklardan farklı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, Akdeniz Bölgesi'ndeki yabancı arpalarda külleme hastalığına dayanıklılık bakımından çeşitliliğin olduğu görülmüştür (Dreiseitl ve Dinor 2004).

*Hordeum spontaneum*'dan elde edilen iki arpa hattı RS145-1/Aramir B ve RS170-35/Aramir B, Roland çeşidi (*Erysiphe graminis* izolatları MC-IS-2 ve 184-21'e hassas) ve dayanıklılık geni Ml-p'yi taşıyan isogenik P19 hattı ile melezlenmiştir. F2 segregasyon verileri her hattın bir dominant dayanıklılık geni içerdiğini ve bu genlerin Ml-p lokusuna allelik veya yakın bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur. 2 hattın 7 *E. graminis* izolatu karşı reaksiyon paternleri ortaya konulmuştur. Hastalığa reaksiyon açısından denemede kullanılan arpa hatları ile Ml-p geni taşıyan Psaknon çeşidi arasında farklılıklar görülmüştür. Bu da *H. spontaneum*'dan elde edilen hatların değişik allelik dayanıklılık genlerini içerdiğini göstermektedir. RS145-1/Aramir B'nin içerdiği dayanıklılık geni Ml-p2 ve RS170-35/Aramir B'nin içerdiği dayanıklılık geni Ml-p3 olarak isimlendirilmiştir (Jahoor ve ark. 1989).

Bir diğer çalışmada, İsrail'deki bölgeler *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*'ye dayanıklı veya orta derecede dayanıklı *Hordeum*

*spontaneum* bitkileri açısından tanımlanmıştır. Bu bölgeler İsrail'de ekolojik ve çevre şartları bakımından ve bitkilerin morfolojisi ve genetik çeşitlilik açısından farklı bölgeleri temsil etmektedir. Külleme patojenine karşı bilinen dayanıklılık genlerinin çoğuna karşılık gelen virulens genlerini içeren *Erysiphe graminis hordei*'nin 64.54, 59.11 ve R1 izolatları, arpa örneklerinin test edilmesinde kullanılmıştır. 89 örneğin, 3 izolatu hepsine dayanıklı ve 180 örneğin en az orta derecede dayanıklı olduğu bulunmuştur. 63 örnek, izolatlardan bir sete dayanıklı ve diğer izolatlara orta derecede dayanıklı olarak bulunmuştur. Bu durum örneklerde dayanıklılığı sağlayan birden fazla gen olabileceğini göstermektedir. Genellikle patojenin mevcut olduğu Galilee, Kuzey Kıyı Bölgeleri ve Judean Highlands'daki bölgelerden toplanan örneklerin tümü, patojenin üç izolatu üçüne de dayanıklı veya orta derecede dayanıklı olarak bulunmuştur. Dayanıklılık göstermeyen veya orta derecede dayanıklı örnekler, patojenin nadiren görüldüğü Mt. Hermon'da veya Negev'deki bölgelerden elde edilmiştir. *Erysiphe graminis hordei*'ye dayanıklılık ve *Hordeum spontaneum* bitkilerinin morfolojileri ve genetik çeşitliliği arasındaki ilişkiler ve bölgelerdeki ekolojik ve çevre şartları en fazla hastalıklara dayanıklılık gösteren ve en fazla genetik çeşitlilik gösteren bölgeleri bulmak açısından analiz edilmiştir (Moseman ve ark. 1983).

*H. spontaneum*'dan elde edilen küllemeye dayanıklı 21 arpa hattı, 1994'te *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*'nin 17 izolatu karşı test edilmiştir. Bütün hatlar değişik reaksiyon desenleri oluşturmuşlardır. Bu da herbirinin değişik dayanıklılık genlerine sahip olduğunu göstermektedir. 21 hat daha sonra Pallas isogenik test hatları ve hassas Ingrid çeşidi ile melezlenmiştir. F2 fideleri, en virulent 93-1 ve zayıf virulent 14-77 izolatları ile test edilmiştir. 7 hat allelizm gösteren veya Mla23 lokusu gibi aynı lokus içerisine yerleşmiş olan genlere sahip olarak bulunmuştur. 2 hat Mlp'ye benzer olmayan allelik genlere sahip ve 6 hat mlo'ya benzer allelik çekinik genlere sahip olarak

bulunmuştur. Bir başka denemede, Etiyopya arpa köy çeşitlerinin 1026 örneği 93-1 izolatına karşı test edildiği zaman, 15 tanesi dayanıklı ve homozigot olarak bulunmuştur. Bu 15 örnek, *H. spontaneum* hatları gibi aynı izogenik testleyici set ile melezlendiği zaman tek bir dominant genin varlığı 4 örnekte görülmüştür. 3 örneğin, ikisi de dominant durumda olduğu zaman dayanıklılığı sağlayan 2 tamamlayıcı gene sahip olduğu görülmüştür. Köy çeşitlerindeki genlerin hiç birinin allelik olmadığı veya Mla23 veya Mlp'ye benzer olmadığı görülmüştür (Lehmann ve ark. 1998).

Dreiseitl ve ark. (2007), külleme hastalığına dayanıklı 13 *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* örneğini, dayanıklılık genlerinin sayısı ve bunların kromozom 1H'nin kısa kolu üzerindeki Mla lokusuna allelik ilişkileri konularında genetik analize tabi tutmuşlardır. Dayanıklılığın, 5 örnekte (PI391130, PI466193, PI4666200, PI466495 ve PI466510) 1 gen tarafından, 7 örnekte (PI354949, PI391081, PI466158, PI466197, PI466211, PI466297 ve PI466461) iki bağımsız gen tarafından ve PI301004 örneğinde ise 3 bağımsız gen tarafından oluşturulduğu ortaya konulmuştur. Analize tabi tutulan genlerin kalıtım tipleri ikisi hariç dominant veya semi-dominant olarak bulunmuştur. PI391081 ve PI466297 örneklerindeki iki genden yalnızca biri çekinik olarak bulunmuştur. Allelizm testleri, 10 örnekte 1 genin Mla lokusu ile allelik olduğunu, üç örnekte ise (PI391081, PI466193, PI466297) dayanıklılık genlerinin Mla lokusundan farklı olduğunu göstermiştir.

2 izolat kullanılarak, Triton (Mla13) kışlık arpa çeşidi ve 2 *Hordeum spontaneum*'dan elde edilen kışlık arpa hatları 110-4 X Sonja ve 142-29 X Dura arasındaki F2 nesil melezleri test edilmiş ve külleme hastalığına dayanıklılık için yüksek derecede polimorfik Mla lokusuna allelizm tanımlanmıştır. Mla lokusuna çok yakın bağlantılı MWG1H036 probu kullanılarak yapılan RFLP analizi ile sonuçlar tespit edilmiştir. Bu hatlarda tanımlanan genlerin Mla29 ve Mla32 olarak isimlendirilmesi önerilmiştir (Kintzios ve ark. 1995).

*H. spontaneum*'dan elde edilen 15 adet kışlık arpa hattının küllemeye dayanıklılığının genetiği, Mla12 ve Mla13 dayanıklılık allellerini taşıyan seçilmiş çeşitlerin test melezleri ile çalışılmıştır. Dayanıklılığın kalıtımı, kromozom 1H(5) üzerindeki Mla lokusu ile bağlantısı ile beraber çalışılmıştır. Toplam 27 gen tanımlanmıştır. Bu genlerin yalnızca birinin (hat 1-12 X Dura) *H. spontaneum*'dan daha önceden tanımlanan bir gene allelik olabileceği bulunmuştur. Bu hatların çoğunluğunda bir monofaktöriyel dominant kalıtım tanımlanmıştır. Test hatlarının 3'ünün çekinik olarak taşınan genlere sahip olduğu görülmüştür. Bir hatta da bir dominant ve bir çekinik gen tanımlanmıştır. Avrupa külleme izolatlarına karşı hatların reaksiyonlarını belirleme çalışmaları sonucunda bifaktöriyel kalıtım dayanıklılığının monofaktöriyel kalıtım dayanıklılığına göre daha geniş bir dayanıklılık spektrumuna sahip olduğu görülmüştür. Üç durumda Mla lokusu ile bağlantı bulunmuştur. İki ileri hatta ise rekombinant yeni bitkilerin olmaması nedeni ile Mla lokusuna muhtemel allelizm görülmüştür. Bağlantı (linkage) analizi için 2'den daha fazla izolat kullanılarak, küllemeye dayanıklılık için ek genlerin tanımlanması mümkün olmuştur. Böylece aynı hatta en fazla 4 gen tanımlanabilmiştir. Bazı durumlarda, farklı izolatlara karşı aynı hattın dayanıklılığı için farklı bir kalıtım gözlenmiştir. Her biri farklı izolata etkili olan farklı genlerin olduğu düşünülmektedir (Kintzios ve Fischbeck 1996b).

Arpada önemli bir hastalık olan, arpa çizgili yaprak lekesi hastalığı (*Drechslera graminea*)'nın yabancı arpalarda bazı çalışmalar ile tanımlanan dayanıklılık genleri mevcuttur.

Biselli ve ark. (2010), *Hordeum spontaneum*'da arpa çizgili yaprak lekesi hastalığına (*Drechslera graminea*) dayanıklılık geni Rdg1a'yı tanımlamış ve haritalamışlardır.

Bir diğer çalışmada, *Drechslera graminea*'da ırka özgü dayanıklılığı kontrol eden 2 Rdg geninden Rdg1a, *Hordeum spontaneum* kökenli olarak ve Rdg2a ise *H.*

*vulgare*'de tespit edilmiştir (Bulgarelli ve ark. 2010).

Türkiye ve Ürdün'den elde edilen yabancı ve kültürü yapılan köy çeşidi arpa (*H. vulgare* subsp. *spontaneum* ve *H. vulgare*)'da 3 yaprak patojeni olan *Cochliobolus sativus* (Helminthosporium yaprak lekeli), *Pyrenophora teres* f. *teres* (ağ formulu ağ benek hastalığı) ve *Pyrenophora teres* f. *maculata* (nokta formulu ağ benek hastalığı)'nın Kanada izolatlarına karşı dayanıklılığının değerlendirilmesi için ve 2 arpa türünün *in situ* muhafazası sonucunda hastalığa dayanıklılığın muhafaza edilmediğinin tespiti için bir çalışma yapılmıştır. Fideler, iklim odasında patojenler ile ayrı ayrı inokule edilmiştir. Yabancı arpa örnekleri kültür arparından daha dayanıklı olarak bulunmuştur (*C. sativus* için %4,5 ve %0,3, *P. teres* f. *teres* için %21,8 ve %0,5). Eşit miktarda yabancı ve kültür arpası örnekleri, *P. teres* f. *maculata* 'ya dayanıklı olarak bulunmuştur. Yabancı arpa örnekleri kültür arpası ile karşılaştırıldığında, yabancı arpa örneklerinin daha fazla bir yüzdesi 3 yaprak hastalığının hepsine karşı en az orta derecede dayanıklı olarak bulunmuştur (%10,5 vs %1,3). Bu örneklerde, ortalama hastalık oranı yabancı arpada kültür arpasına göre düşük olarak bulunmuştur (%65), fakat %73 oranında hastalık görülen kültür arpasından önemli derecede farklı olmadığı görülmüştür. Ki-Kare istatistiği (1) *C. sativus* ve *P. teres* f. *maculata* ve (2) *P. teres* f. *teres* ve *P. teres* f. *maculata* arasında hastalık reaksiyonları bakımından önemli ilişkiler olduğunu göstermiştir. Bu ilişkiler, kültürü yapılan arpada daha fazla görülmüştür. Bu da zirai seçim sebebiyle daha kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Hastalık reaksiyonları, *C. sativus* ve *P. teres* f. *teres* için hem yabancı hem de kültür arpasında bağımsız olarak bulunmuştur. Orta Doğu'da kültürü yapılan arpanın *in situ* muhafazası ekimi yapılan köy çeşidi populasyonlarının tek veya çoklu kombinasyonlarında dayanıklılığı muhafaza etmede başarılı olarak bulunmuştur, fakat yabancı arpada değişik dayanıklılık kaynaklarının muhafazası daha

etkili olarak bulunmuştur (Jana ve Bailey 1995).

Ağ benek hastalığına dayanıklılık, 175 *H. spontaneum* örneği ve yabancı *Hordeum*'un 30 tür veya alt türünün 149 örneğinde değerlendirilmiştir. *H. spontaneum* örneklerinin çoğu test edilen *Pyrenophora teres* f. *teres* izolatlarının (Japonya'dan K105 ve Pt860514 ve Kanada'dan WRS102 ve WRS1581) hepsine dayanıklılık göstermişlerdir. *H. spontaneum* örneklerinin geldikleri yere bağlı olarak dayanıklılık reaksiyonlarının farklılık gösterdiği görülmüştür. Özellikle Afganistan ve Rusya'dan bazı örnekler yüksek derecede dayanıklılık gösterirken Fas'dan alınan örneklerin hassas olduğu görülmüştür. 4 *P. teres* izolatu arasında *H. spontaneum* örneklerine olan virulenslik spektrumu farklı ülkelerden alınan izolatlar arasında aynı ülkeden elde edilenlere göre daha büyük bir fark göstermiştir. Irak'tan elde edilen *H. spontaneum* örnekleri izolat WRS102'ye hassas olarak bulunurken diğer 3 izolata dayanıklı olarak bulunmuştur. Bu da *H. spontaneum*'da dayanıklılık genlerinde coğrafik farklılıkların olabileceğini göstermektedir. Diğer yabancı *Hordeum* türlerinin tüm örnekleri ve özellikle *Hordeum murinum* subsp. *gussoneanum*'un bazı örnekleri yüksek seviyede dayanıklılık göstermiştir. Bu dayanıklılık genleri kültür arparına aktarım için yararlı birer aday olabilir (Sato ve Takeda 1997).

*Drechslera teres* etmenine dayanıklılık durumu serada ve tarlada Gatersleben arpa koleksiyonunun 770 *Hordeum spontaneum* ve 300 *H. vulgare* örneklerinde değerlendirilmiştir. 4 izolat dayanıklı genotiplerin değerlendirilmesi için seçilmiş ve farklı bölgelerden 45 izolat agresiflik ve virulenslik açısından test edilmiştir. *Hordeum spontaneum* örnekleri farklı dayanıklılık reaksiyonları göstermiş ve 143 örnek, tüm izolatlara karşı yüksek derecede dayanıklılık göstermiştir (Kopahnke 1998).

Ana hattı *H. vulgare* (Clipper çeşidi) olan ve *Hordeum spontaneum*'dan elde edilmiş olan değişik kromozom segmentleri içeren 84 adet üçüncü geri melezleme hattı dayanıklılık

durumları açısından *Rhynchosporium secalis*'in izolatlarının karışımı kullanılarak fide döneminde test edilmiştir. Hatların 12'si dayanıklı olarak sınıflandırılmıştır. Fide döneminde test edilen bitkiler daha sonra Avustralya'nın Canberra şehrinde tarlaya ekilmişler ve hastalık gelişimi tarla koşullarında takip edilmiştir. Fidelik dönemi sonuçları tarladaki hastalık sonuçları ile yakın korelasyon göstermiştir ( $r=0,72$ ,  $p<0,001$ ). Dayanıklı geri melezleme hatlarının verimleri, hassas hatlardan %25 daha fazla olarak bulunmuştur. Bu hatlardan seçilen bazı hatlar kullanılarak ayrı bir tarla denemesi hastalığın görüldüğü başka bir arpa üretim alanında (Wagga Wagga) tesis edilmiştir. Bu alandan elde edilen sonuçlar Canberra'dan elde edilen sonuçlar ile uyum göstermiştir. Deneme sonuçları *H. spontaneum*'da fide döneminde tespit edilen *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılığın tarlada yetiştirme dönemi boyunca da devam ettiğini göstermiştir (Abbot ve ark. 1991).

Bereketli Hilal Bölgesi yabancı arpada (*Hordeum spontaneum*) büyük genetik çeşitliliğin bir bölgesi ve kültür arpalarının orijininin merkezidir. Bu bölgenin farklı kısımlarından toplanan yabancı arpa örnekleri *P. hordei*'nin 2 ve *E. graminis* f. sp. *hordei*'nin 3 izolatına karşı reaksiyonları açısından değerlendirilmiştir. Her bir patojenin bir izolatı İsrail'den, diğerleri ise Japonya ya da ABD'den elde edilmiştir. İran, Türkiye ve Suriye'nin 14 değişik bölgesinden toplanan 330 yabancı arpa (*H. spontaneum*) örneğinden %18,8'i *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*'nin İsrail izolatına karşı ve %14,8'i de Japon ve Amerikan *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* izolatlarının karışımına karşı dayanıklı olarak bulunmuştur. İran ve Türkiye'nin 6 değişik bölgesinden toplanan 105 örnekten hiçbiri İsrail izolatına karşı dayanıklı olarak bulunamamış ve %34,3'ü *P. hordei*'nin Amerikan izolatına karşı dayanıklı olarak bulunmuştur. İki patojenin değişik izolatlarına karşı reaksiyonlarda hem bölgeler içinde hem de bölgeler arasında önemli derecede varyasyon olduğu görülmüştür (Jana ve Nevo 1991).

ABD ve Kanada'da kültür arpası için önemli 6 fungal patojene karşı İsrail ve Ürdün'den toplanan *H. spontaneum* örneklerinin reaksiyonlarını belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür. Genel olarak, 116 *H. spontaneum* örneğinin değerlendirilmesi sonucunda, örneklerin toplandığı bölgelerde ve bölgeler arasında, hastalıklara tepki bakımından yüksek derecede çeşitlilik görülmüştür. Ek olarak, *H. spontaneum*'da dayanıklılık lokusları için genetik heterozigosite yaygın olarak bulunmuştur. İsrail ve Ürdün'den elde edilen *H. spontaneum* örneklerinde dayanıklılık frekansı yüksek olarak bulunan hastalıklar; yaprak lekesi (*Septoria passerini*; %77 ve 98), kahverengi pas (*P. hordei*; %70 ve 90), ağ benek (*Pyrenophora teres* f. *teres*; %72 ve 68) ve külleme (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*; %58 ve 70)'dir. Dayanıklılık frekansı *Helminthosporium* yaprak lekesi (*Cochliobolus sativus*; %53 ve 46) için orta derecede, kara pas (*Puccinia graminis*; %2 ve 26) için düşük olarak bulunmuştur. *H. spontaneum*'da hastalığa dayanıklılığın seviyesi toplanan yerlerin yakınında gözlemlenen çeşitli hava koşullarının herhangi biri ile (sıcaklık, yağış, nem) güçlü derecede korelasyon göstermemiştir. Ancak dayanıklılık genellikle mesic özellik gösteren bölgelerden (Akdeniz kıyısında) bulunan germplasmda, xeric özellik gösteren bölgelere (Negu Çölü) göre çok daha fazla bulunmuştur. 2 *H. spontaneum* örneği (Shechium 12-32 ve Damas 11-11) 6 patojenin tümüne karşı dayanıklı olarak bulunmuş olup çoklu hastalık dayanıklılığı için arpa ıslahı programında ebeveyn olarak kullanılabilir. Bu çalışmada hastalık reaksiyonları için yüksek derecede bulunan çeşitlilik ve heterozigosite *H. spontaneum*'un kültürü yapılan arpaların geliştirilmesi için çok zengin ve büyük oranda keşfedilmemiş bir kaynak olduğunu göstermektedir (Fetch ve ark. 2003).

Yabancı arpa (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) 'Shechem 12-32' örneği aralarında kahverengi pas etmeni *Puccinia hordei* ve *Helminthosporium* yaprak lekesi etmeni *Cochliobolus sativus*'un da bulunduğu birçok patojene dayanıklıdır. İki patojene

enfeksiyona biyotrof olarak başlamakta fakat *C. sativus* kolonizasyon sonrası nekrotrofik özellik göstermektedir. Genellikle bitkilerin biyotrofik veya nekrotrofik patojenlere karşı başarılı bir savunma için özel mekanizmalar içeren genlere sahip oldukları düşünülmektedir. Dayanıklı yabancı arpa 'Schechem' in savunma tepkilerini karakterize etmek için Barley1 GeneChip kullanılarak *P. hordei* ve *C. sativus* ile inokulasyonu takiben, zamana bağlı transkript yoğunluğunu ölçmek için bir survey yapılmıştır. *P. hordei* ve *C. sativus* enfeksiyonuna tepki olarak 95 ve 299 gen transkriptlerinin diferansiyel akümüasyonu kontrole göre önemli olarak gerçekleşmiştir. 21 transkript (6'sı savunma ile ilişkili) ortak olarak bulunmuştur. *P. hordei*'ye tepki olarak diferansiyel olarak akümü olan gen transkriptlerinin miktarı incelenen değişik zamanlarda düzenli ve eşit olarak görülmüştür. Buna karşılık *C. sativus*'a tepki olarak diferansiyel olarak akümü olan gen transkriptlerinin yarısından çoğu (183) enfeksiyondan 24 saat sonra belirlenmiştir. Bu durum yaklaşık olarak bu patojenin trofik yaşam biçimini değiştirdiği zamana denk gelmektedir. Sonuçlar dayanıklı yabancı arpanın biyotrofik ve hemibiyotrofik patojenlere değişik konukçu tepkisi verdiğini ve oksidatif stres ile ilişkili genlerin özellikle hemibiyotroflara karşı savunmada önemli bir rolü olduğunu göstermektedir (Millett ve ark. 2009).

Arpanın yabancı atası olan *Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum* arpa ıslah programları için faydalı bir potansiyel genetik çeşitlilik kaynağıdır. Li ve ark. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada arpanın ileri aşama geri melezleme popülasyonunda QTL'lerin haritalanması gerçekleştirilmiştir. Toplam 207 BC3 hattı 2 sıralı Alman yazlık *Hordeum vulgare* subsp. *vulgare* 'Brenda' çeşidi recurrent ebeveyn olarak, *Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum* HS584 örneği ise donör ebeveyn olarak geliştirilmiştir. Bu hatların 108 adet SSR markörü kullanılarak genetik özelliklerine bakılmış ve tarla testlerinde dane verimi ve başak uzunluğu, başak başına başakçık sayısı, başak başına dane sayısı, başak sayısı ve bin

dane ağırlığı gibi ve aynı zamanda başaklanma tarihi ve bitki yüksekliği gibi özellikler değerlendirilmiştir. Toplam 100 QTL belirlenmiştir. Artan etkileri ile 10 QTL, başak uzunluğu, başakçık sayısı ve başak başına dane sayısı için bulunmuştur. HS584'ün katkıda bulunduğu 3 QTL'in 2 lokasyonda yıllar boyunca başaklanmaya kadar geçen gün sayısını önemli derecede düşürdüğü bulunmuştur. Ek olarak, HS584'de kromozom 2H ve 3H üzerindeki 2 QTL'in kahverengi pasa dayanıklılıkla ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu popülasyondan elde edilen genotipik verilerin sonucunda bir dizi double haploid hattın geliştirilmesi için 1 veya 2 donör segmentleri taşıyan 55 introgression hattı seçilmiştir. Bu hatların gelecekte yapılacak genetik çalışmalarda 100 QTL'in etkilerini tekrar doğrulama ve araştırmak için kullanılması planlanmıştır.

*Cochliobolus sativus*'un neden olduğu *Helminthosporium* yaprak lekesi, *Pyrenophora teres* f. *teres*'in neden olduğu ağ formu ağ benek, *Septoria passerini*'nin neden olduğu *Septoria* noktalı yaprak lekesi, *Rhynchosporium secalis*'in neden olduğu *Rhynchosporium* yaprak lekesi ve *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*'nin neden olduğu külleme gibi arpa yaprak hastalıkları birçok üretim alanlarında önemli verim kayıplarına neden olabilmektedir. Yun ve ark. (2005)'in gerçekleştirdiği bir çalışmada; hastalıklara dayanıklılık için *H. vulgare* subsp. *spontaneum*'dan elde edilen allellerin yerlerini belirlemek için dayanıklı *H. vulgare* subsp. *spontaneum* örneği OUH602 ve 2 sıralı maltlık Harrington kültür çeşidi arasındaki bir melezlemeden elde edilen bir RIL (rekombinant inbred line) popülasyonunun QTL analizleri yürütülmüştür. Toplam 151 SSR (simple sequence repeats) markör 948 cM' yi kaplayan 11 linkage (bağlantı) grubunda haritalanmıştır. Her bir hastalığa dayanıklılık için ana QTL'ler tanımlanmıştır: kromozom 1 (7H)'de *Helminthosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık için bir, kromozomlar 3 (3H), 4 (4H) ve 5 (1H)'de ağ benek hastalığının ağ formuna dayanıklılık için 3, kromozomlar 2 (2H) ve 6 (6H)'de septoria noktalı yaprak lekesine dayanıklılık için 2,

kromozomlar 4 (4H) ve 5 (1H)'de külemeye dayanıklılık için 2. Her bir QTL için dayanıklı alleller, ağ benek hastalığının ağ formu ve külemeye dayanıklılık (kromozom 5 (1H) üzerinde ve kromozom 4 (4H) üzerinde) hariç, OUH602 tarafından sağlanmıştır. *Septoria* noktalı yaprak lekesine dayanıklılık için tanımlanan 2 QTL yeni olarak bulunmuştur. Diğer QTL'ler ana dayanıklılık genlerinin rapor edildiği bölgelerde veya bilinen dayanıklı QTL bölgelerinde haritalanmıştır. Sonuçlar OUH602'den elde edilen lokusların çoğunun kültürü yapılan arpalarda tanımlanan bölgelerde kümelenildiğini göstermektedir. Bu dayanıklı QTL'ler ve onların ilişkili markörleri hastalıklara dayanıklı arparın geliştirilmesinde gelecekte daha fazla kullanılabilir.

Backes ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada İsrail'den elde edilen yabancı arpa (*Hordeum spontaneum*) hattı '1B-87' ve arpa (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) çeşidi 'Vada' melezi bitkilerde kahverengi pas ve küleme hastalığına yeni dayanıklılık genlerinin haritalanması amaçlanmıştır. Populasyon, 121 inbred rekombinant hattan oluşmuştur. Kahverengi pas ve küleme hastalığına dayanıklılık koparılan yapraklarda test edilmiştir. Çalışmada kahverengi pasın '1-80' izolatu, külemenin ise 'Va-4' izolatu kullanılmıştır. Ek olarak, tarla koşullarında iki değişik epidemik safhada küleme hastalığının şiddeti gözlemlenmiştir. Diğer DNA markörlerine ek olarak harita 13 RGA (dayanıklılık gen analog) lokusları içermiştir. Verilerin yapısı dolayısı ile non-parametrik QTL analizi gerçekleştirilmiştir. 4 gözlemin her birinde de çok önemli olarak bulunan 2 QTL lokalize edilmiştir. Külemeye dayanıklılık QTL'leri kromozomlar 1H, 2H, 3H, 4H ve 7H üzerinde tespit edilmiştir. Kahverengi pasa dayanıklılık QTL'leri kromozomlar 2H ve 6H üzerinde lokalize edilmiştir. Küleme ile ilişkili 2 özellik için yalnızca bir QTL ortak olarak bulunmuştur. Yedi QTL'den üçü RGA lokuslarında lokalize olmuştur. Küleme ile ilişkili 5 QTL'den üçü kromozom pozisyonlarını, bilinen kalitatif dayanıklılık genleri ile paylaşmaktadır. Bütün tanımlanan

QTL'ler additif olarak davranmışlardır. Distorte edilmiş segregasyonun muhtemel kaynakları gözlemlenmiştir. Değişik küleme ile ilişkili özelliklerin sonuçları arasındaki farklılıklar ve kalitatif ve kantitatif dayanıklılık arasındaki ilişki tartışılmıştır.

Backes ve Jahoor (2001)'un gerçekleştirdiği bir çalışmada yabancı arparın küleme hastalığına dayanıklılık sağlayan kantitatif genlerin varlığı açısından zengin bir kaynak olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, *H. spontaneum* hattı 1B-87 ile Vada arpa çeşidi melezlemesi sonucunda 121 adet recombinant inbred hattan oluşan bir populasyonda bağlantı haritası geliştirilmiştir. QTL analizi yapılmıştır. Bu populasyonda 1B-87 orijinli 4 kantitatif dayanıklılık geni bulunmuş ve bunların 1H, 4H, 6H ve 7H kromozomları üzerinde yer aldığı bulunmuştur. En kuvvetli etki gösteren 2 dayanıklılık geninin kombinasyonu sonucunda hastalık çıkışında %67 oranında azalma görülmüştür.

Korff ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada küleme, kahverengi pas ve *Rhynchosporium* yaprak lekeli etmenlerine karşı yeni dayanıklılık genleri haritalanmıştır. Bu amaçla yabancı arpa örneği ISR42-8 (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* [*H. spontaneum*]) ile yazlık arpa çeşidi 'Scarlett' melezinden elde edilen ileri aşama geri melezleme doubled haploid (BC2DH) populasyonu S42 kullanılmıştır. Sekiz bölgede tarla koşullarında, hastalık şiddeti verileri ve 98 SSR lokusunun genotip verileri kullanılarak küleme için 9 QTL, kahverengi pasa dayanıklılık için 6 QTL ve *Rhynchosporium* yaprak lekeli dayanıklılığı için 3 QTL tespit edilmiştir. Egzotik QTL allellerinin bulunması hastalık belirtilerini küleme, kahverengi pas ve *Rhynchosporium* yaprak lekeli için maksimum %51,5, %37,6 ve %16,5 azaltmıştır. Tespit edilen bazı QTL'lerin önceden tespit edilmiş kalitatif (Mla gibi) ve kantitatif dayanıklılık genlerine karşılık gelebileceği düşünülmektedir. Diğerlerinin ise yeni belirlenen dayanıklılık genleri olabileceği düşünülmektedir. Dayanıklılık QTL'lerinin çoğunluğunun (%61) yabancı arpa tarafından sağlanan uygun alleller olduğu görülmektedir.

Bu da yabancı arpanın dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesindeki önemini ortaya koymaktadır.

*Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılığı sağlayan genlerin çoğu 3H kromozomunun uzun kolunda Rrs1 lokusunda veya kromozom 7H'nin kısa kolunda Rrs2 lokusu üzerinde haritalanmıştır. *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılığı sağlayan diğer genlerin bulunduğu lokuslar yabancı arpadan elde edilen hatlarda bulunmuştur. *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılığı sağlayan tek bir dominant gen, İsrail'den alınan bir yabancı arpa örneğinden elde edilen bir üçüncü geri melezleme (BC3F3) hattında tanımlanmıştır. Dayanıklılık geni kromozom 7H'nin uzun kolunda haritalanan 3 mikrosatellit marköre bağlı olarak bulunmuştur. Bu lokusların en yakını olan HVM49 dayanıklılık geninden 11,5 cM uzaklıkta haritalanmıştır. Bu kromozom kolunda önceden *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık geni haritalanmadığı için bunun yeni bir *Rhynchosporium* yaprak lekesine dayanıklılık lokusu olduğu düşünülmektedir. Acp2 izozim lokusu, 17,7 cM'de bu *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık lokusu ile bağlantılı olduğu için Acp2 lokusunun kromozom 7H üzerinde olduğu düşünülmüştür. Rrs15 olarak tanımlanan yeni *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık genine bağlı moleküler markörler *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık ıslahında kullanılabilir (Genger ve ark. 2005).

Genger ve ark. (2003) *Hordeum vulgare* ve *H. vulgare* ssp. *spontaneum*'da *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık genlerinin yabancı arpa ve kültürü yapılan arpalardaki durumunu araştırmışlardır. Bu çalışmada farklı yabancı arpa populasyonlarından elde edilen 9 adet üçüncü geri melezleme familyası ile kültürü yapılan arpanın 5 double haploid haritalama populasyonlarının *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık açısından genetik analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Bütün durumlarda dayanıklılık fide enfeksiyon

tepkileri şeklinde değerlendirilmiştir. Sloop/Haleyon populasyonu iki bölgede tarla koşullarında yetişkin bitki dayanıklılığı açısından da test edilmiştir. Tarla koşullarında tarla dayanıklılığı için majör kantitatif özellik lokusu (QTL) kromozom 3H'de görülen fidelik tepkisi ile uygunluk göstermiştir. Bu çalışmada ele alınan kültürü yapılan arpanın diğer dayanıklılık kaynaklarının çoğu (1 çeşit ve 3 adet dayanıklılık için sentezlenen ıslah populasyonları) da bu 3H lokusu bölgesinde markörlere ayrılmıştır. Buna karşılık, yabancı arpa populasyonlarında dayanıklılığın genetik temeli en az 5 kromozom bölgesine (1HS, 3H, 6HS, 7HL ve 7HS) ayrılmıştır. Kullanışlı markörler proteinler, izozimler, RFLP temelli PCR, AFLP ve SSR lokuslarını da içeren bir kaç değişik markör olarak bulunmuştur. Yabancı arparın, piramit ıslahında seçeneklerin çeşitliliğinin artışı ve yeni kaynaklarda dayanıklılığın analizi veya bu genlerin manipulasyonlarında kullanışlı bağlantılı moleküler markörlerin temininde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Türkiye'den 6, İsrail'den 70 ve İran'dan 15 adet toplanan yabancı arpa örnekleri, *Rhynchosporium secalis*'in 4 izolatına karşı fide tepkileri için taranmış ve dayanıklılık %77 düzeyinde çok yaygın olarak bulunmuştur. Dayanıklılık, özellikle daha nemli (mesic) bölgelerden elde edilen örneklerde daha fazla olarak görülmüştür (%90). Bu dayanıklılığın genetiği *Rhynchosporium* yaprak lekesine dayanıklı *Hordeum vulgare* (Clipper çeşidi) arka planına sahip *Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*'dan elde edilen bir izozim varyantı içeren 15 geri melezme (BC3) hattında incelenmiştir. BC3F2 familyalarında gözlenen segregasyon (ayırım) 15 hattın 9'unda tek dominant dayanıklılık genine uygunluk göstermiştir. *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık ve izozim markörü BC3 hatlarından 3'ünde yakın olarak bağlantılı, dördünde gevşek olarak bağlantılı ve kalan sekiz hatta ise bağlantısız olarak bulunmuştur. *Rhynchosporium* yaprak lekesine dayanıklılık genleri, arpa kromozomları 1, 3, 4 ve 6 üzerinde tanımlanmıştır. *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklı birkaç BC hattı

arasındaki melezlemeler ve bağlantı verileri en az 5 genetik olarak bağımsız dayanıklılığın arpaya beraber olarak yerleştirilebilmesi için mevcut olduğunu göstermektedir. Birkaç BC3 hattında *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılığın izozim lokusu Acp2 (acid phosphatase) ile bağlantısı, bu lokus yabancı arpalarda yüksek derecede polimorfik olduğu için, özellikle önemli olabilir (Abbott ve ark. 1992).

Bağlantılı izozim markörleri kullanılarak *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık için ikili gen kombinasyonları geliştirilmiş ve bu kombinasyonların *R. secalis* patojenine dayanıklılığı artırıp artırmadığı test edilmiştir. Kombinasyonlar esas olarak benzer temelli genotipe aktarılmıştır. Bu işlemde *Rhynchosporium* yaprak lekesine hassas Avustralya arpa çeşidi Clipper recurrent backcross ebeveyni ata olarak kullanılmıştır. Rekombinantlarla 2 yıldan fazla bir sürede yapılan tarla çalışmalarında 6 adet ikili dayanıklı hattın 3'ünde hastalık düzeyleri, tek dayanıklılık geni içeren geri melezleme hatlarına göre daha düşük olarak bulunmuştur (Brown ve ark. 1996).

Yabancı arpada, *Rhynchosporium* yaprak lekesi (*Rhynchosporium secalis*)'ne dayanıklı Rrs13 geni, RFLP Cxp3 ve AB G48 lokusları arasında kromozom 6(=6H)'da bir geri melezleme arpa hattında bulunmuştur (Abbott ve ark. 1995).

Özel izozim markör donör intervalleri için homozigot yapıda olan ve *Hordeum vulgare* Clipper çeşidi ile İran ve Türkiye'den elde edilen değişik yabancı arparların (*Hordeum spontaneum*) melezlemeleri sonucu elde edilen ileri aşama geri melezleme arpa hatları seti *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığına (*Rhynchosporium secalis*) dayanıklılık açısından taranmıştır. 8 adet yaprak lekesi hastalığına dayanıklı hat bulunmuştur. Genetik analiz sonucunda 5 hatta dayanıklılığın tekli dominant genler tarafından oluşturulduğu, iki hatta tek resesif genlerin mevcut olduğu ve diğer hatta ise dayanıklılığın bir çift bağlantısız dominant gen tarafından oluşturulduğu bulunmuştur. Yaprak lekesine dayanıklılık geni ile aktarılan donör kromozomu izozim markörü intervali

arasındaki bağlantı 4 hatta tespit edilmiştir. Böylece dayanıklılık genlerinin kromozomlardaki yerleri tespit edilebilmiştir. Bu şekilde arpa kromozomu 5 üzerinde bir dayanıklılık geninin bulunduğu ortaya konulmuş ve bu gen Rrs14 olarak isimlendirilmiştir. Bu kromozom üzerinde başka bir yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık geni haritalanmamıştır. Sekiz yaprak lekesi dayanıklılık geninin bir dizi virulent yaprak lekesi hastalığı etmeninin patotipine karşı etkinliği test edilmiş ve 4 hattın bütün patotiplere karşı tamamen dayanıklı olduğu bulunmuştur. İki durumda ise tek bir orijinal donör ebeveynden birden fazla yaprak lekesi hastalığına dayanıklılık geni ortaya konulmuştur (Garvin ve ark. 1997).

Külleme hastalığına dayanıklılık kaynağı olan yabancı arpanın (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) PI466495 numaralı hattı kullanılarak külleme hastalığına dayanıklılığı sağlayan bir gen Mla lokusunda tanımlanmıştır. Bu çalışmada RGH1a gen sekansı bir CAPS markörü geliştirilmesi için bir kaynak olarak kullanılmıştır. Bu markör ve külleme hastalığına dayanıklılık arasındaki ko-segregasyon PI466495 ve kışlık arpa çeşidi (*Hordeum vulgare*) 'Tiffany' arasındaki melezlemeden elde edilen 286 F2 bitkisi kullanılarak genin her bir alleli ile ilişkili özel DNA fragmentleri ile analiz edilmiştir. Kodominant markör RGH1a1a için külleme hastalığına 0 ve 0-1 reaksiyon tipi dayanıklılık gösteren F2 bitkilerinden 370bp, 82bp ve 59bp büyüklüklerinde 3 fragment, hassas bitkilerden ise 429bp ve 82bp büyüklüklerindeki 2 fragment amplifiye edilmiştir. Polimeraz zincir reaksiyonu ve restriksiyon enzim parçalaması temeline dayanan basit prosedürler külleme hastalığına (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) hassas bitkilerin tanımlanması ve dayanıklılık allelleri için homozigot veya heterozigot yapıdaki bitkilerin tanımlanmasına imkan vermiştir. RGH1a1a markörünün pozisyonu dayanıklılık genine 0,85 cM uzaklıkta bulunmuştur. Markör ve hedef gen arasındaki crossingover'ın olasılığı olarak değerlendirilen markör yardımcı seleksiyon (MAS) etkinliği ise %99 olarak bulunmuştur. CAPS markörü

RGH1a11a, MAS ve külleme hastalığına hassas arpa çeşitlerine gen transferi için değerli bir aday olarak görülmektedir (Repková ve ark. 2009).

Yabani arpa (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum* [*H. spontaneum*])'dan elde edilmiş 3 arpa hattında (RS42-6\*0, RS137-28\*E ve HSY-78\*A) 3 yeni majör ırka özgü küllemeye (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) dayanıklılık genleri bulunmuştur. RS42-6\*0 hattında yabani arpadan orijinini alan dayanıklılık geni resesif mod kalıtımı göstermiştir. Diğer yabani arpa genleri ise (semi)-dominant mod kalıtımı göstermiştir. Ayrılan (segrege olan) F2 populasyonlarında bu 3 genin RFLP haritalaması gerçekleştirilmiştir. RS42-6\*0 hattındaki resesif gen, arpa kromozomu 1S(7HS) üzerinde lokalize olarak bulunurken, RS137-28\*E ve HSY-78\*A hatlarındaki (semi)-dominant genler 1L(7HL) ve 7L(5HL) kromozomlarında lokalize olarak bulunmuştur. Yakın bağlantı gösteren RFLP klonları 2,6 cM ve 5,3 cM arasındaki uzaklıklarda haritalanmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı zamana kadar, bu kromozomlar üzerinde külleme hastalığına dayanıklılık için özel lokuslar belirlenmemiştir. Lokalize olmayan Mlp dayanıklılık geni için yapılan bağlantı testleri serbest ayırımı (segregasyonun) olduğunu göstermiştir. Bu nedenle bu genler yeni lokusları temsil etmektedirler ve yeni tanımlar önerilmiştir: mlt(RS42-6\*0), Mlf(RS137-28\*E) ve Mlj(HSY-78\*A). Mlf ve mlt'nin çevresindeki tespit edilen RFLP bant duplikasyonları, külleme dayanıklılığı ile ilişkili, Mla lokusu ile bir evrimsel ilişkinin olabileceğini göstermektedir (Schönfeld ve ark. 1996).

*Blumeria graminis* f. sp. *hordei* tarafından oluşturulan külleme hastalığına dayanıklı olarak bulunan 4 yabani arpa (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) örneği her bir örnekte dayanıklılığı sağlayan gen/lokus sayıları, bu genlerin kalıtım tipi ve Mla lokusuna olan ilişkileri bakımından incelenmiştir. Kışlık arpa çeşidi 'Tiffany' ve 4 yabani arpa örneği ile melezleme sonucunda elde edilen F2 populasyonları ve mikrosatellit DNA markörleri ile dayanıklılık

genlerinin/lokuslarının kromozomlardaki yerleri belirlenmeye çalışılmıştır. PI466495 örneğinde külleme hastalığına dayanıklılık sağlayan bir lokus markör Bmac0213 ile çok önemli derecede bağlantılı olarak bulunmuştur. Bu bölge kromozom 1HS üzerinde olduğu bilinen Mla lokusu ile uyumludur. Diğer 3 örnekte ise dayanıklılığın 2 bağımsız lokus tarafından belirlenmekte olduğu bulunmuştur. PI466197, PI466297 ve PI466461 örneklerinde kromozom 1HS üzerinde bir lokus ve kromozomlar 2HS (Bmac0134 ile çok önemli bağlantılı), 7HS (Bmag0021 ile çok önemli bağlantılı) ve 7HL (EBmac0755 ile önemli bağlantılı) üzerinde 3 yeni lokus bulunmuştur (Repková ve ark. 2006).

Backes ve Jahoor'un (2002), yaptıkları bir çalışmada yabani arpadaki (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) Mla-, Mlf-, Mli-, Mlj- ve Mlt lokuslarından küllemeye dayanıklılık genleri 1987-96 yılları arasında Alman kışlık ve yazlık arpa ıslah hatlarına aktarılmıştır. Bu stratejinin bir başarısı olarak bu dayanıklılık genlerini içeren 8 yeni çeşit (Camilla, Peggy, Baccara, Sally, Roxana, Vrena, Alabama, Philadelphia) 1997 yılından itibaren geliştirilmiştir. Yabani arpa materyali yalnızca kalitatif dayanıklılık değil aynı zamanda kantitatif dayanıklılık genleri için de kullanılmıştır. Yazlık Vada arpası ile 1B87'nin melezlenmesi sonucunda 121 rekombinant inbred hat elde edilmiştir. Bu melezleme hatları ile Danimarka'da gerçekleştirilen tarla denemeleri ile kromozom 1H, 2H, 4H ve 7H'de külleme hastalığına dayanıklılık gözlenmiştir.

*Blumeria graminis* f. sp. *hordei* patojenine dayanıklı yabani arpanın (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) PI284752 numaralı örneği külleme dayanıklılık genlerinin teşhis edilmesi amacı ile çalışılmıştır. Kışlık arpa çeşidi 'Tiffany' ve PI284752 melezlemesi sonucu 456 bitkiden oluşan bir F2 populasyonu elde edilmiştir. Bu melezleme dayanıklılığın iki lokuslu modelini sergilemektedir. Polimorfik DNA markörleri kullanılarak bağlantı (linkage) analizleri 180 bitkide yürütülmüştür. Mla locusundan elde edilen RGH1a gen sekansı RGH1aE2I2

markörleri geliştirilmesi için bir kaynak olarak kullanılmıştır. Kromozom 1HS üzerinde interval haritalama ile bir dayanıklılık geni RGH1aE212 ile sıkı bağlantılı olarak bulunmuş ve GBMS062'den 2cM uzaklıktaki bölgede bulunduğu görülmüştür. Dayanıklı reaksiyon tipi (RT) 0 gösteren F2 bitkilerinde RGH1aE212 markörü için özel DNA fragmentleri amplifiye edilmiştir. RT1 ve RT2-3 dayanıklılık tipi gösteren bitkilerde dayanıklılık tamamen bu çalışmada tanımlanmış olan ikinci R geni tarafından sağlanmakta olup, bu gen kromozom 2HS üzerindeki GBMS247 ve Bmac0134 ile bağlantılıdır. Bu adı geçen markörler bir veya iki gen tarafından sağlanan dayanıklı genotiplerin markör yardımcı seleksiyonu için değerli adaylar olabilir (Repkova ve Dreiseitl 2010).

*Puccinia hordei*'nin bilinen bütün ırklarına dayanıklılık sağlayan bir dominant gen *Hordeum spontaneum*'un 2 örneğinde tanımlanmıştır. RFLP markörleri kullanılarak gen hassas *H. vulgare* L94 çeşidi ile iki örneğin melezlenmesi sonucu elde edilen doubled haploid populasyonlarda kromozom 2HS üzerinde haritalanmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı zamana kadar arpada bu kromozom üzerinde kahverengi pasa tam dayanıklılığın genetik faktörlerce oluşturulduğu bilinmiyordu. Bu nedenle bu çalışmada tanımlanan gen için RpH16 ismi önerilmiştir (Ivandic ve ark. 1998).

Kahverengi pas, kara pas ve sarı pas buğday ve arpanın dünya çapında çok önemli hastalıklarındandır. En iyi mücadele yöntemi genetik dayanıklılıktan faydalanmaktır. Buğday ve arpada pasa dayanıklılığın çeşitliliğini artırmak için, yabancı türler, *Aegilops sharonensis* ve *Hordeum vulgare spontaneum* (yabancı arpa)'daki pasa dayanıklılık sağlayan genlerin karakterizasyonu ve tanımlanması çalışması başlatılmıştır. İsrail'den *Aegilops sharonensis*'in 102 örneği ve Bereketli Hilal, Merkez Asya, Kuzey Afrika ve Kafkasya bölgesinden elde edilen 318 yabancı arpa çeşitlilik koleksiyonu (WBDC) örnekleri kahverengi pas, kara pas ve/veya sarı pasa dayanıklılık için değerlendirilmiştir. *Aegilops*

*sharonensis* kahverengi pas, kara pas ve sarı pasa karşı geniş bir enfeksiyon tipi (IT) aralığı göstermiştir. Bitki gelişme dönemi ve kullanılan ırka bağlı olarak *Aegilops sharonensis*'de kahverengi pasa dayanıklı örneklerin yüzdesi 58,8-78,4; kara pasa dayanıklı örneklerin yüzdesi 11,8-69,6 ve sarı pasa dayanıklı örneklerin yüzdesi ise 46,1 olarak bulunmuştur. *Aegilops sharonensis* ile yapılan genetik çalışmalar kahverengi pas ve kara pasa karşı oligogenik dayanıklılığın olduğunu göstermiştir. Yabancı arpa kahverengi pas ve kara pasa karşı geniş bir enfeksiyon tipi aralığı göstermiştir. Bununla birlikte dayanıklılık frekansı *Aegilops sharonensis*'den daha düşük olarak bulunmuştur. Kullanılan ırka bağlı olarak, yabancı arpada kahverengi pasa dayanıklı örneklerin yüzdesi 25,8 ve kara pasa dayanıklı örneklerin yüzdesi ise 5,7-20,1 olarak bulunmuştur. Doğu Afrika'da bulunan yeni virulent karapas ırkı TTKS'ye dayanıklılık hem *Aegilops sharonensis*'de (örneklerin %70'inde) hem de yabancı arpada (20 test örneğinin %25'inde) bulunmuştur. Dünya Arpa Çeşitlilik Koleksiyonu (WBDC)'nda kara pasa dayanıklılık için association haritalaması Diversity Array Teknolojisi (DArT) markörleri kullanılarak uygulanmıştır. Alt populasyonların numarası (K değeri) 10 ve 8 için ayarlandığı zaman ve yüksek derecede konservatif P eşik değeri 0,001 kullanıldığında 14 ve 15 önemli markör ilişkileri tespit edilmiştir. Bu önemli ilişkiler özgün kromozom bin'leri 9 ve 8'de bulunmuştur. Kromozom 7(5H)'deki rp94/Rpg5 kompleksinde olduğu gibi buğday kara pasının MCCF ırkına dayanıklılık için iki önemli markör ilişkileri aynı bin'de tespit edilmiştir. Kromozom 7(5H)'deki bin'de majör kara pas dayanıklılık geninin varlığı DArT markörleri ile yapılan bir bi-parental populasyonda (WBDC örneği Damon X Harrington çeşidi) onaylanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar *Aegilops sharonensis* ve yabancı arpanın kültürü yapılan buğday ve arpanın geliştirilmesi için zengin bir kaynak olduğunu ve association haritalamanın yabancı arpada hastalıklara dayanıklılık genlerinin pozisyonlarının belirlenmesinde kullanışlı

olabileceğini göstermektedir (Steffenson ve ark. 2007).

Markör geliştirme çalışmaları, yüksek dayanıklı *H. spontaneum* 677 hattı X Krona (hassas) hattı melezlemesinden elde edilen bir double-haploid (DH) populasyonda uygulanmıştır. F2 ve F3 popülasyonlarındaki önceden gerçekleştirilen segregasyon çalışmaları *H. spontaneum* 677'nin dayanıklılığının muhtemelen tek bir dominant gen tarafından sağlanmakta olduğunu göstermiştir. Bu kahverengi pasa dayanıklılık genine bağlantılı markörleri tespit etmek amacıyla AFLP'ler ve SSR'ler kullanılarak Bulk Segregant analizi gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım ile 83 DH hattın analizi sonucunda dayanıklılık geninin arpa kromozomu 2H üzerinde olduğu ve en yakın markörlerin 6,1 cM (E35M54b) ve 13,6 cM (Bmac0218)'de bağlantılı olduğu bulunmuştur. Bu genin monomorfik olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte *Puccinia hordei*'nin 4 izolatu ile yapılan bir dayanıklılık testinde *H. spontaneum* 677, rph 16'nın kaynağı olan *H. spontaneum* 680'den farklı bir reaksiyon deseni göstermiştir (Kopahnke ve ark. 2004).

Feuerstein ve ark. (1990) izozim markörleri ile yabancı arpada pasa dayanıklı genlerin bağlantısını çalışmışlardır. Arpa çeşidi Clipper'in yakın izogenik hatlarından oluşan 83 BC3 hattı, *Puccinia hordei*'nin 3 ırkına karşı dayanıklılık yönünden test edilmiştir. Her bir hat ayrı izoenzimler ile işaretlenmiş olan *Hordeum spontaneum*'dan elde edilmiş değişik kromozom segmentleri içermektedir. 14 hat en az bir ırka ve 3 hat ise 3 ırkın hepsine karşı dayanıklılık göstermiştir. Bu hatların ikisinde dayanıklılık ayrı, tekli, kısmi dominant genler tarafından kontrol edilmektedir. Dayanıklılık geni Rph10 kromozom 3 üzerinde ve izoenzim lokusu Est2 (esterase) ( $r=0,15\pm 0,05$ ) ile bağlantılı olarak bulunmuştur. Rph11 geni kromozom 6 üzerinde bulunmuş ve izoenzim lokusu Acp (acid phosphatase) ( $r=0,07\pm 0,02$ ) ve Dip2 (dipeptidase) ( $r=0,11\pm 0,02$ ) ile bağlantılı olarak bulunmuştur.

Erdogan ve ark. (1994) yabancı arpalarda (*Hordeum spontaneum*) sarı mozaik oluşturan

virüslere dayanıklılık olup olmadığını belirlemek için Türkiye'nin batı bölgelerinden toplanan 12 adet yabancı arpa hattını barley mild mosaic virus (BaMMV), barley yellow mosaic virus (BaYMV) ve BaYMV-2'ye reaksiyonları bakımından test etmişlerdir. Toprak kökenli mozaik oluşturan virüslere karşı test edilen 12 germplasmadan 7'si BaMMV, BaYMV ve BaYMV-2'ye hassas olarak bulunmuştur. Diğer 5 örnek ise en azından BaMMV'ye dayanıklı olarak bulunmuştur. 'Çandarlı', 'Menemen' ve 'Kupalan' yalnızca BaMMV'ye dayanıklı olarak bulunurken iki hat (Pınarbaşı ve İçmeler) BaMMV, BaYMV ve BaYMV-2'ye dayanıklı olarak bulunmuştur. 'Çandarlı', 'Menemen', 'Kupalan', 'Pınarbaşı' ve 'İçmeler' germplasmaları ile hassas 'Gerbel' çeşidi arasındaki melezlemeler sonucunda elde edilen F1 bitkilerinin hepsi BaMMV'ye hassas olarak bulunmuşlardır. Bu sonuçlardan test edilen *Hordeum spontaneum* hatlarında BaMMV'ye dayanıklılığın tamamen resesif olarak taşındığı sonucuna varılabilir. F2 segregasyon analizi bu tahmini doğrulamıştır ve 'Çandarlı' germplasmında BaMMV'ye dayanıklılığının tek bir resesif gen tarafından taşındığını ortaya koymuştur. 'Menemen', 'Pınarbaşı' ve 'İçmeler' germplasmalarında görülen dayanıklılık 2 bağımsız gen tarafından sağlanmaktadır. 'Kupalan' ve 'Gerbel' melezlemesi sonucunda görülen umulan segregasyon oranına uyum 'Kupalan' germplasmında BaMMV'ye dayanıklılığın 3 resesif gen tarafından sağlandığını ima etmektedir. Dayanıklı *H. spontaneum* ve dayanıklı Alman çeşitleri arasındaki melezlemeler bütün germplasmaların Ym4 geninden farklı genler taşıdığını ortaya koymaktadır. *H. spontaneum* barley yellow mosaic virus kompleksine karşı değerli bir genetik kaynak olarak görülmektedir.

Bir diğer çalışmada ise Ordon ve ark. (1996), "Toprak kökenli virüslere dayanıklılık için ıslahta egzotik arpa kalıtım materyalleri" konulu bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, barley mild mosaic bymovirus (BaMMV), barley yellow mosaic bymovirus (BaYMV) ve BaYMV-2 gibi toprak kökenli mozaik virüslerinin Batı Avrupa'da kışlık arpanın en

önemli hastalıklarından olduğunu belirtmişlerdir. Ticari Avrupa arpa çeşitlerinde dayanıklılığın tek bir resesif gen (ym4) tarafından sağlanmakta olduğu ve bu genin BaYMV-2'ye etkili olmadığını görmüşlerdir. Bu nedenle *H. vulgare* ve *H. spontaneum* germplasmaları değişik virüslere karşı dayanıklılık durumları açısından test edilmişler ve BaMMV dayanıklılığı ile ilgili olarak genetik çeşitlilik açısından analiz edilmişlerdir. Çalışmalar sonucunda BaMMV'ye dayanıklılığın tamamen resesif olarak aktarıldığı bulunmuştur. Ayrıca arpa gen havuzunda en azından BaMMV'ye dayanıklılığın ve yüksek derecede genetik çeşitliliğin var olduğu görülmüştür. Bu germplasmaların değişik dayanıklılık genlerinin arpa ıslah hatlarına aktarılmasında önemli bir kaynak olduğu ortaya konulmuştur. Böylece ıslahçılar toprak kökenli virüsler ile bulaşık bölgelerde yetiştirilmeye uygun arpa çeşitleri ıslah edebilirler.

Her ne kadar *Hordeum spontaneum*'un hastalıklara dayanıklılık kaynağı olarak kullanıldığı çalışmaların gelecek çalışmalar açısından yararlı kaynaklar olduğu düşünülse de, doğal koşullarda *Hordeum spontaneum*'da hastalıkların görüldüğünü gösteren bazı çalışmalar da mevcuttur.

Kavak (2003), Türkiye'de *Hordeum vulgare* spp. *spontaneum*'un doğal bir populasyonunda *Rhynchosporium secalis*'in neden olduğu Rhynchosporium yaprak lekesi hastalığının ilk kaydını rapor etmiştir. Bu çalışmada; 2002 yılı baharında Şanlıurfa ilinde yürütülen surveyler sonucunda, *H. vulgare* ssp. *spontaneum* (yabani arpa)'da şiddetli yaprak yanıklığı belirtileri bulunmuştur. Lezyonların çoğunlukla bayrak yaprağı, ikinci ve üçüncü yapraklar ve ligulalarda meydana geldiği görülmüş fakat başakta görülememiştir. *Rhynchosporium secalis* lezyonlardan izole edilmiştir. Bu fungusun tanısı spor morfolojisi ve misel gelişmelerine bakılarak yapılmıştır. Patojenisite çalışması sonucunda, elde edilen izolatların patojen olduğu görülmüştür. Arazide gözlemlenenlere benzer lezyonların *R. secalis* ile inokule edilen bitkilerde 15 gün içinde meydan geldiği görülmüştür. Etmenin,

*H. murinum*, *H. distichon* ve *H. jubatum*'da da hastalık oluşturduğu rapor edilmiştir (Caldwell 1937).

Kavak (2004), yaptığı bir diğer çalışmada Türkiye'de *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*'da *Puccinia hordei* 'nin neden olduğu kahverengi pas hastalığının ilk kaydını rapor etmiştir. 2003 yılının bahar aylarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki yabani arpa türlerinde (*H. vulgare* ssp. *spontaneum*) bir kahverengi pas hastalığı gözlemlenmiştir. Yaprakların üst yüzeyinde, yaprak kınında ve nadiren yaprak alt yüzeyinde üredium yatakları görülmüştür. Telium yatakları genellikle yaşlı yaprakların alt yüzeyinde görülmüş olup genellikle 2 hücrelidir ve nadiren bir hücreli mezosporlar içermektedir. Morfolojik analizler ve patojenisite testleri sonucunda hastalık etmeni *P. hordei* olarak belirlenmiştir. Bu rapor muhtemelen *H. vulgare* subsp. *spontaneum* üzerinde *P. hordei* 'nin hastalık oluşturduğunun ilk kayıdır.

Karakaya ve ark. (2016) Şanlıurfa, Mardin, Şırnak, Siirt, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis ve Hatay illerinde doğal olarak yetişen 40 *Hordeum spontaneum* populasyonunu hastalıklar ve şiddetleri yönünden incelemişlerdir. Dokuz *Hordeum spontaneum* populasyonunda herhangi bir hastalığa rastlanmamıştır. Diğer populasyonlarda *Rhynchosporium commune*, *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*, *Drechslera teres* f. *teres*, *D. teres* f. *maculata*, *Ustilago nigra*, *Ustilago nuda*, *Puccinia hordei* ve *Drechslera graminea* tarafından meydana getirilen hastalıklar görülmüştür. *Rhynchosporium commune* tarafından meydana getirilen *Rhynchosporium* yaprak lekesi hastalığı en yaygın olarak bulunmuş olup bunu *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* tarafından meydana getirilen külleme hastalığı ve *Drechslera teres* tarafından meydana getirilen ağbenek hastalığı takip etmiştir. Hastalıkların görünme sıklıkları ve şiddetleri değişiklik göstermiştir. Araştırmacılar *Hordeum spontaneum* populasyonlarında hastalıklara dayanıklılık açısından geniş bir varyasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Dinoor ve Eshed (1990) İsrail’de doğal koşullarda yetişen yabancı arpalarda (*H. spontaneum*), külleme (*Erysiphe graminis*), ağ benek (*Drechslera (Pyrenophora) teres*) ve yarı açık rastık (*Ustilago nigra* [*Ustilago segetum* var. *avenae*]) hastalıklarını rapor etmişlerdir. Hayat çemberleri ve hastalıkların dağılımı ve oluşumu tartışılmıştır.

Bir diğer çalışmada, Makkouk ve Ghulam (1989) 19 *Aegilops* türlerinden oluşan 378 örnek, 6 *Agropyron* türünden oluşan 13 örnek ve 24 *H. spontaneum* örneğini arpa sarı cücelik luteo virüsüne karşı dayanıklılık yönünden test etmişlerdir. İnokulasyonlar vektör *Rhopalosiphum padi* kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 13 *Agropyron* örneğinin 12’si ve 378 *Aegilops* örneğinin 35’i dayanıklı olarak bulunmuştur. *H. spontaneum* örneklerinin hepsi hassas olarak bulunmuştur.

Khasanov ve ark. (1993) Tacikistan, Türkmenistan, Özbekistan, Kırgızistan ve Güney ve Kuzey Kazakistan’da 1984-91 yılları arasında *Pyrenophora teres*’in konukçu dizisinin belirlenmesine yönelik kültürü yapılan tahıllarda ve yabancı tahıllarda tarla gözlemleri ve tahıllar kullanılarak deneysel inokulasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Yalnızca *Hordeum spontaneum* önemli bir rezervuar konukçu ve ekimi yapılan arpalara enfeksiyon kaynağı olarak belirlenmiştir.

1997 ve 1999 yıllarında İsrail’de 2 bölgeden toplanan ve yabancı arpa (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) üzerinde hastalık oluşturan 3 doğal *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* populasyonlarından 309 izolat elde edilmiştir. Virulens frekansı 32 ayırıcı hat üzerinde tanımlanmıştır. Mla13, mlo, Mlf1 ve Mli genlerini taşıyan ayırıcı hatlarda hiçbir izolat virulent olarak bulunmamıştır. MlRu2, MILa, Mlh, Mla8, Mla25 ve Mlj genlerini taşıyan ayırıcı hatlarda ise hiçbir izolat avirulent olarak bulunmamıştır. Mlg, Mla7 ve Mla27 genlerinin üstesinden gelen izolatların frekansı %0-16 ve Mla9, Mla17 ve Mla18 genlerinin üstesinden gelen izolatların frekansı %37-78 ve Mla1, Mla3, Mla6, Mlp1, Mlat, Mla12, Mla, Mlk1, Mla19, Mla20, Mla26, Mla28, Mla29, Mla30, Mla32 ve mlt1

genlerine olan virulenslik frekansları %79-99 arasında değişmiştir. Aynı yıllarda Çek Cumhuriyeti’nden toplanan 376 izolatın test edilmesi sonucunda bu populasyonların İsrail populasyonlarından büyük ölçüde değişik olduğu görülmüştür. Çek populasyonları İsrail populasyonlarına göre daha çok virulens çeşitliliği göstermiş ve ortalama virulens karmaşıklığı daha düşük olarak bulunmuştur. İsrail populasyonlarındaki çeşitlilik aynı lokasyondaki bölgelerde de değişiklik göstermiştir (Dreiseitl ve ark. 2006).

## Sonuç

Yabancı arpanın hastalıklara dayanıklılıkta kullanılabilir zengin bir kaynak olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ülkemiz arpanın ve yabancı arpanın gen merkezlerinden birisidir. Yabancı arpanın ıslah programlarında kullanılması kültür arpasının hastalıklara dayanıklı hale gelmesine ve daha verimli arpa çeşitlerinin geliştirilmesine imkan sağlayacaktır.

## Kaynaklar

- Abbot, D. C., Burdon, J. J., Jarosz, A. M., Brown, A. H. D., Müller, W. J. and Read, B. J. 1991. The relationship between seedling infection types and field reactions to leaf scald in Clipper barley backcross lines. Australian Journal of Agricultural Research, 42 (5);801-809.
- Abbott, D. C., Brown, A. H. D. and Burdon, J. J. 1992. Genes for scald resistance from wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) and their linkage to isozyme markers. Euphytica, 61 (3);225-231.
- Abbott, D. C., Lagudah, E. S. and Brown, A. H. D. 1995. Identification of RFLPs flanking a scald resistance gene on barley chromosome 6. Journal of Heredity, 86 (2);152-154.
- Akhkha, A. 2008. The effect of powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) on compensatory photosynthesis and dark respiration in the uninfected fourth leaf of infected cultivated and wild barley lines. Biosciences, Biotechnology Research Asia, 5 (2);515-524.

- Araja, I. and Rashal, I. 2001. New sources of resistance to powdery mildew for Latvian barley breeding. *In Sustainable systems of cereal crop protection against fungal diseases as the way of reduction of toxin occurrence in food webs. A Healthy Cereals Proceedings, Kromeriz, Czech Republic, (Tvaruzek, L.), 151-153.*
- Backes, G. and Jahoor, A. 2001. Healthy barley with powdery mildew resistance from wild barley. / Sundere bygplanter med meldugresistens fra vildbyg. DJF Rapport, Markbrug, (42);29-30.
- Backes, G.; Jahoor, A., 2002: Using the genetic potential of wild barley - with molecular markers towards new resistance genes. Arbeitstagung 2001 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs gehalten vom 20 bis 22 November 2001 in Gumpenstein, Irdning, Austria: 81-85
- Backes, G., Madsen, L. H., Jaiser, H., Stougaard, J., Herz, M., Mohler, V. and Jahoor, A. 2003. Localisation of genes for resistance against *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* and *Puccinia graminis* in a cross between a barley cultivar and a wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) line. *Theoretical and Applied Genetics*, 106 (2);353-362.
- Biselli, C., Urso, S., Bernardo, L., Tondelli, A., Tacconi, G., Martino, V., Grando, S. and Valè, G. 2010. Identification and mapping of the leaf stripe resistance gene Rdg1a in *Hordeum spontaneum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 120 (6);1207-1218.
- Brooks, W. S. 1993. The isolation and backcrossing of *Puccinia hordei* resistant *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* lines from Israel in a pre-breeding program. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift*, 103 (3);154-159.
- Brown, A. H. D., Garvin, D. F., Burdon, J. J., Abbott, D. C. and Read, B. J. 1996. The effect of combining scald resistance genes on disease levels, yield and quality traits in barley. *Theoretical and Applied Genetics*, 93 (3);361-366.
- Bulgarelli, D., Biselli, C., Collins, N. C., Consonni, G., Stanca, A. M., Schulze-Lefert, P. and Valè, G. 2010. The CC-NB-LRR-type Rdg2a resistance gene confers immunity to the seed-borne barley leaf stripe pathogen in the absence of hypersensitive cell death. *PLoS ONE* 5(9): 1-14, e12599.
- Caldwell, R. M. 1937. *Rhynchosporium* scald of barley, rye and other grasses. *Journal of Agricultural Research* 55, 175-198.
- Dinoor, A. and Eshed, N. 1990. Plant diseases in natural populations of wild barley (*Hordeum spontaneum*). P. 169-186. *In pests, pathogens and plant communities, (Burdon, J.J., Leather, S.R. editörler), 169-186. Oxford; Blackwell Scientific Publications. viii + 333 pp.*
- Dreiseitl, A. 2001. Powdery mildew resistance in Czech and Slovak barley breeding lines. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 37 (4);105-113.
- Dreiseitl, A. and Bockelman, H. E. 2003. Sources of powdery mildew resistance in a wild barley collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50 (4);345-350.
- Dreiseitl, A. and Dinoor, A. 2004. Phenotypic diversity of barley powdery mildew resistance sources. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51 (3);251-257.
- Dreiseitl, A., Dinoor, A. and Kosman, E. 2006. Virulence and diversity of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* in Israel and in the Czech Republic. *Plant Disease*, 90 (8);1031-1038.
- Dreiseitl, A., Repková, J. and Lízal, P. 2007. Genetic analysis of thirteen accessions of *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* resistant to powdery mildew. *Cereal Research Communications*, 35 (3);1449-1458.
- Ellis, R.P., Russell, J., Ramsay, L., Waugh, R. and Powell, W. 1999. Barley domestication – *Hordeum spontaneum*, a source of new genes for crop improvement. Web sitesi. [www.scri.sari.ac.uk/scri/file/individualreports/1999/14BARLEY.PDF](http://www.scri.sari.ac.uk/scri/file/individualreports/1999/14BARLEY.PDF). Erişim tarihi: 7.5.2012.
- Erdogan, M., Ordon, F. and Friedt, W. 1994. Genetics of resistance of *Hordeum spontaneum* Koch from Turkey to the

- barley yellow mosaic virus complex. Barley Genetics Newsletter, 23;41-43.
- Fetch, T. G., Jr., Steffenson, B. J. and Nevo, E. 2003. Diversity and sources of multiple disease resistance in *Hordeum spontaneum*. Plant Disease, 87 (12);1439-1448.
- Feuerstein, U., Brown, A. H. D. and Burdon, J. J. 1990. Linkage of rust resistance genes from wild barley (*Hordeum spontaneum*) with isozyme markers. Plant Breeding, 104 (4);318-324.
- Fukuyama, T., Heta, H., Sato, K. and Takeda, K. 1994. Comparison of resistance to powdery mildew between wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch) and the local cultivars. Bulletin of the Research Institute for Bioresources, Okayama University, 2 (1);111-122.
- Garvin, D. F., Brown, A. H. D. and Burdon, J. J. 1997. Inheritance and chromosome locations of scald-resistance genes derived from Iranian and Turkish wild barleys. Theoretical and Applied Genetics, 94 (8);1086-1091.
- Geçit, H. H., Çiftçi, C. Y., Emeklier, Y., İkcikarakaya, S., Adak, M. S., Kolsarıcı, Ö., Ekiz, H., Altınok, S., Sancak, C., Sevimay, C. S. ve Kendir, H. 2009. Tarla Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın no: 1569, Ders Kitabı: 521
- Genger, R. K., Williams, K. J., Raman, H., Read, B. J., Wallwork, H., Burdon, J. J. and Brown, A. H. D. 2003. Leaf scald resistance genes in *Hordeum vulgare* and *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*: parallels between cultivated and wild barley. Australian Journal of Agricultural Research, 54 (11/12);1335-1342.
- Genger, R. K., Nesbitt, K., Brown, A. H. D., Abbott, D. C. and Burdon J. J. 2005. A novel barley scald resistance gene: genetic mapping of the Rrs15 scald resistance gene derived from wild barley, *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. Plant Breeding, 124 (2);137-141.
- Ivandic, V., Walther, U. and Graner, A. 1998. Molecular mapping of a new gene in wild barley conferring complete resistance to leaf rust (*Puccinia hordei* Otth). Theoretical and Applied Genetics, 97 (8);1235-1239.
- Jahoor, A., Ludwig, A. and Fischbeck, G. 1989. New genes for powdery mildew resistance in *Hordeum spontaneum* derived lines allelic or closely linked to the Ml-p locus. Barley Genetics Newsletter, 19;23-26.
- Jahoor, A. and Fischbeck, G. 1993. Identification of new genes for mildew resistance of barley at the Mla locus in lines derived from *Hordeum spontaneum*. Plant Breeding, 110 (2);116-122.
- Jana, S. and Nevo, E. 1991. Variation in response to infection with *Erysiphe graminis hordei* and *Puccinia hordei* in some wild barley populations in a centre of diversity. Euphytica, 57 (2);133-140.
- Jana, S. and Bailey, K. L. 1995. Responses of wild and cultivated barley from West Asia to net blotch and spot blotch. Crop Science, 35 (1);242-246.
- Jin, Y. and Steffenson, B. J. 1994. Inheritance of resistance to *Puccinia hordei* in cultivated and wild barley. Journal of Heredity, 85 (6);451-454.
- Jin, Y., Steffenson, B. J. and Bockelman, H. E. 1995. Evaluation of cultivated and wild barley for resistance to pathotypes of *Puccinia hordei* with wide virulence. Genetic Resources and Crop Evolution, 42 (1);1-6.
- Karakaya, A., Mert, Z., Çelik Oğuz, A., Ertaş, M. N. and Karagöz, A. 2016. Determination of the diseases occurring on naturally growing wild barley (*Hordeum spontaneum*) field populations. Works of the Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of Sarajevo 61.; 66/1:291-295.
- Kavak, H. 2003. First record of leaf scald caused by *Rhynchosporium secalis* in a natural population of *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* in Turkey. Plant Pathology, 52 (6);805.
- Kavak, H. 2004. First record of leaf rust caused by *Puccinia hordei* on *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* in Turkey. Plant Pathology, 53 (2);258.

- Khasanov, B. A., Shavarina, Z. A., Vypritskaya, A. A. and Glukhova, L. A. 1993. Host plant range of *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem. during artificial inoculation of cereals in natural conditions. Mikologiya i Fitopatologiya, 27 (2);54-58.
- Kintzios, S., Jahoor, A. and Fischbeck, G. 1995. Powdery-mildew-resistance genes Mla29 and Mla32 in *H. spontaneum* derived winter-barley lines. Plant Breeding, 114 (3);265-266.
- Kintzios, S. and Fischbeck, G. 1996a. Identification of new sources for resistance to powdery mildew in *H. spontaneum*-derived winter barley lines. Genetic Resources and Crop Evolution, 43 (1);25-31.
- Kintzios, S. and Fischbeck, G. 1996b. Genetic studies on the powdery mildew resistance of winter barley lines derived from *Hordeum spontaneum* accessions collected from Israel. Genetic Resources and Crop Evolution, 43 (5);471-479.
- Kopahnke, D. 1998. Evaluation of barley for resistance to *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem. Beiträge zur Züchtungsforschung - Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, 4(1);1-3.
- Kopahnke, D., Nachtigall, M., Ordon, F. and Steffenson, B. J. 2004. Evaluation and mapping of a leaf rust resistance gene derived from *Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 40 (3);86-90.
- Korff, M. von, Wang, H., Léon, J. and Pillen, K. 2005. AB-QTL analysis in spring barley. I. Detection of resistance genes against powdery mildew, leaf rust and scald introgressed from wild barley. Theoretical and Applied Genetics, 111 (3);583-590.
- Kün, E. 1988. Serin İklim Tahılları. A.Ü. Ziraat Fak. Yayın 1032 Ders Kitabı 299, 322s., Ankara.
- Lehmann, L. C., Jönsson, R. and Gustafsson, M. 1998. Identification of resistance genes to powdery mildew isolated from *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* and land races of barley. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift, 108 (2);94-101.
- Li, J. Z., Huang, X. Q., Heinrichs, F., Ganai, M. W. and Röder, M. S. 2006. Analysis of QTLs for yield components, agronomic traits, and disease resistance in an advanced backcross population of spring barley. Genome, 49 (5);454-466.
- Makkouk, K. M. and Ghulam, W. 1989. Wheat wild relatives as possible sources of resistance to barley yellow dwarf virus. Rachis, 8 (2);36-37.
- Manisterski, J., Treeful, L., Tomerlin, J. R., Anikster, Y., Moseman, J. G., Wahl, I., and Wilcoxson, R. D. 1986. Resistance of wild barley accessions from Israel to leaf rust collected in the USA and Israel. Crop Science, 26;727-730.
- Manisterski, J. and Anikster, Y. 1995. New resistance genes to the brown leaf rust, *Puccinia hordei* in wild barley [*Hordeum spontaneum*] from Israel. Barley Genetics Newsletter, 24;102-103.
- Mastebroek, H. D., Balkema-Boomstra, A. G. and Gaj, M. 1995. Genetic analysis of powdery-mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) resistance derived from wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*). Plant Breeding, 114 (2);121-125.
- Millett, B. P., Xiong, Y. W., Dahl, S. K., Steffenson, B. J. and Muehlbauer, G. J. 2009. Wild barley accumulates distinct sets of transcripts in response to pathogens of different trophic lifestyles. Physiological and Molecular Plant Pathology, 74(1);91-98.
- Moseman, J. G., Nevo, E., and Zohary, D. 1983. Resistance of *Hordeum spontaneum* collected in Israel to infection with *Erysiphe graminis hordei*. Crop Science, 23;1115-1119.
- Moseman, J. G., Nevo, E. and El-Morshidy, M. A. 1990. Reactions of *Hordeum spontaneum* to infection with two cultures of *Puccinia hordei* from Israel and United States. Euphytica, 49 (2);169-175.
- Nevo, E. 2012. Evolution of wild barley and barley improvement. 11. Barley Genetics Symposium. April 15-20. Hangzhou, China.
- Ordon, F., Weyen, J., Korell, M. and Friedt, W. 1996. Exotic barley germplasms

- inbreeding for resistance to soil-borne viruses. *Euphytica*, 92 (1/2);275-280.
- Repková, J., Dreiseitl, A., Lízal, P., Kyjovská, Z., Teturová, K., Psočková, R. and Jahoor, A. 2006. Identification of resistance genes against powdery mildew in four accessions of *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. *Euphytica*, 151 (1);23-30.
- Repková, J., Dreiseitl, A. and Lízal, P. 2009. New CAPS marker for selection of a barley powdery mildew resistance gene in the Mla locus. *Cereal Research Communications*, 37(1);93-99.
- Repková, J. and Dreiseitl, A. 2010. Candidate markers for powdery mildew resistance genes from wild barley PI284752. *Euphytica*, 175 (3);283-292.
- Sato, K. and Takeda, K. 1997. Net blotch resistance in wild species of *Hordeum*. *Euphytica*, 95 (2);179-185.
- Schönfeld, M., Ragni, A., Fischbeck, G. and Jahoor, A. 1996. RFLP mapping of three new loci for resistance genes to powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) in barley. *Theoretical and Applied Genetics*, 93 (1/2);48-56.
- Steffenson, B. J., Olivera, P., Roy, J. K., Jin, Y., Smith, K. P. and Muehlbauer, G. J. 2007. A walk on the wild side: mining wild wheat and barley collections for rust resistance genes. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58 (6);532-544.
- Walther, U. 1991. Evaluation of the Gatersleben barley collection for resistance to leaf rust (*Puccinia hordei* Otth) and use of the results in breeding winter and summer barley. Bericht über die Arbeitstagung 1991 der "Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtler" im Rahmen der "Vereinigung österreichischer Pflanzzüchter", Gumpenstein, Österreich, 243-253.
- Yun, S. J., Gyenis, L., Hayes, P. M., Matus, I., Smith, K. P., Steffenson, B. J. and Muehlbauer, G. J. 2005. Quantitative trait loci for multiple disease resistance in wild barley. *Crop Science*, 45(6);2563-2572.
- Zeybek, A., Braun, P., Konak, C., Löwer, C., Turgut, I., Köhler, W. and Akca, M. 1999. Powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) in the natural populations of wild barley (*Hordeum spontaneum*) in the Aegean region. *Turkish Journal of Field Crops*, 4(1);35-41.
- Zeybek, A. and Yigit, F. 2002. Assessment of powdery mildew resistance in wild barley (*Hordeum spontaneum* L.) populations in the Aegean region of Turkey. *Phytoprotection*, 83 (3);125-130.