



Bitkilerde Markör Destekli Seleksiyon

Tuğba Eserkaya Güleç^{1*} Ahmet Yıldırım² Özlem Ateş Sönmezoğlu¹

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Moleküler Biyoteknoloji Laboratuvarı, TOKAT

²Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kamil Özdağ Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, KARAMAN

*Sorumlu Yazar

e-posta: t_eserkaya@hotmail.com

Özet

Gelecekte artacağı tahmin edilen nüfusun besin ihtiyacını karşılamak için temel besin maddelerinin üretimlerinin artırılması gerekmektedir. Bu durumda üretimi artırmanın en iyi yolu bitki ıslahıdır. Ancak birçok bitki türünde genetik varyasyonun daralması nedeniyle gerekli varyasyon tescilli çeşitlerden, yerel çeşitlerden ve yabancı akrabalardan sağlanarak, uygun genlerin geliştirilmiş tekniklerle kültür çeşitlerine aktarılması gerekmektedir. Belirlenen bu genlerin klasik bitki ıslahıyla aktarılmasında birçok problemle karşılaşmaktadır. Markör destekli seleksiyon, klasik bitki ıslahında karşılaşılan bu sorunlara çözüm bulmak amacıyla geliştirilen bir yaklaşımdır. Bu teknikte, birçok avantajı nedeniyle moleküler markörler daha çok tercih edilmektedir. Moleküler markörler, farklılığı DNA düzeyinde ölçen ve araştırılan genotiplerde istenen bir geni ya da özelliği izlemek için kullanılabilen markörlerdir. Markör destekli seleksiyon tekniği yabancı gen kaynaklarından gen transferleri, resesif allellerin yönlendirilmesi ve seleksiyonu, erken seleksiyon gibi kullanımının yanı sıra; gen izolasyonu ve klonlanmasında da kullanılabilir. Bu teknik oldukça hızlı, etkin, doğru ve ekonomik olduğu için klasik ıslaha yardımcı bir seleksiyon tekniğidir.

Anahtar Kelimeler: Moleküler Markör, QTL, Tahıl, Markör Destekli Seleksiyon

Abstract

It is necessary to increase the production of basic foods in order to compensate the needs of population. The best way of increasing production is plant improvement. However, because of narrowed genetic variation, necessary variation is obtained from registered cultivars, local varieties (or land races) and wild relatives. Proper genes must be transferred through modern techniques because a lot of problems are encountered in classical breeding methods. Marker assisted selection (MAS) is relatively new approach to solve problems of classical breeding methods. Molecular markers are preferred more due to advantages over other techniques. These markers are the ones which measure the differences in DNA level and are used to follow the interested gene or characteristics in investigated genotypes. MAS can be used in gene transfers from wild relatives, redirecting on selection of mutant alleles, early selection, gene isolation and cloning. This technique is highly fast, effective, trustable and economic. That is why it is a helpful selection technique for classical breeding.

Key words: Molecular Marker, QTL, Cereals, Marker Assisted Selection

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2025 yılında yaklaşık 8 milyar olacağı tahmin [1]. Bu durumda besin sıkıntısıyla karşı karşıya kalmanın kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir. Giderek artan nüfusun besin ihtiyacını karşılamak ancak temel besin maddelerinin üretimini artırmakla mümkün olacaktır. Yeni alanların tarıma açılmasının mümkün olmadığı düşünüldüğünde, üretimi artırmanın en etkili yolunun bitki ıslahı olması kaçınılmazdır. Aynı zamanda birçok bitki türünde genetik varyasyonun daralması sonucu istenen özellikleri taşıyan çeşitlerin geliştirilmesi zorlaşmıştır. Islah çalışmaları için gerekli varyasyon tescilli çeşitlerden, yerel çeşitlerden ve yabancı akrabalardan sağlanmaktadır. Bu

nedenle, bu materyallerin taranması ve belirlenen uygun genlerin geliştirilmiş tekniklerle kültür çeşitlerine aktarılması gerekmektedir. Ancak bitki ıslahında başarı öncelikle etkin, doğru ve hızlı bir seleksiyona bağlıdır [14].

Klasik bitki ıslahı, melezleme sonucu elde edilen ve açılım gösteren döller arasından üstün genotiplerin fenotipik seleksiyonuna dayanmaktadır. Ancak genotipxçevre interaksyonundan dolayı bu uygulama oldukça zorlaşmaktadır. Bunun yanı sıra fenotipik seleksiyon pahalıdır ve bazı karakterler için (abiyotik stres koşullarına tolerans ile bağlantılı karakterler gibi) çoğu zaman uygulanabilir değildir. Markör destekli seleksiyon, klasik bitki ıslahında karşılaşılan bu sorunlara alternatif olarak geliştirilen bir yaklaşımdır [13].

İslah programlarında ilgili genle bağlantılı markörlerin kullanılmasının potansiyel faydaları son yıllarda anlaşılmaya başlanmıştır. 1970'lerin sonlarında DNA markörlerinin geliştirilmesiyle ıslah programları yön değiştirmiş ve araştırmacılar karakter ile bağlantılı markör geliştirme yoluna gitmişlerdir. Bu durum akademik araştırmalar için yeni bir çalışma sahası ortaya çıkarmıştır. Bitki ve hayvan ıslahı programlarında çalışılan karakterlerin çoğu kantitatif ve bu karakterler üzerinde çevre faktörlerinin de büyük etkileri söz konusudur. Moleküler markörlerin geliştirilmesi, kantitatif karakterlerle çalışmayı daha kolay hale getirdiği için büyük ilgiyle karşılanmıştır [41].

Moleküler Markörler

Moleküler markörler, farklılığı DNA düzeyinde ölçen ve araştırılan genotiplerde istenen bir geni ya da özelliği izlemek için kullanılabilen markörlerdir [52]. Aynı zamanda moleküler markörler, gözlenebilir karakterlere dayanan morfolojik markörlere ve temeli proteine dayanan biyokimyasal markörlere göre oldukça güvenilirdir. Sayıları fazladır, çevreden etkilenmezler, bitki gelişimin herhangi bir evresinde kolayca gözlenebilirler ve lokuslar arası interaksiyon oluşmamaktadır. Bu nedenlerle DNA markörleri ıslah çalışmalarında bitki materyallerinin seleksiyonu için en iyi araçtır [32].

Moleküler markörler; kesilen parça uzunluğu polimorfizmi (RFLP), rastgele çoğaltılan polimorfik DNA markörleri (RAPD), çoğaltılan parça uzunluğu polimorfizmi (AFLP), dizisi etiketlenmiş sekanslar (STS), mikrosatelitler (SSR), bölünerek çoğaltılmış polimorfik dizi (CAPS), tek iplik tamamlama polimorfizmi (SSCP), amplikon uzunluk polimorfizmi (ALP), basit sekans tekrarlamaları arası polimorfizm (ISSR), ifade edilmiş dizi etiketleri (EST) ve tek nükleotid polimorfizmi (SNP) gibi farklı tekniklerden oluşmaktadır [25,26,35,40]. Farklı DNA markör çeşitlerinin geliştirilmesi teknolojik ihtiyaçlardan, laboratuvar ve maddi imkan farklılıklarından, genetik markörlerin genomda fazlaca bulunabilmesinden ve türlerin biyolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır [34]. Moleküler markör tekniklerinin her birinin diğerlerine kıyasla bazı üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bu özellikler birçok kaynaktan geniş bir şekilde tartışılmıştır. Ancak moleküler markörler birbirleriyle karşılaştırıldığında

günümüzde polimorfizm düzeyi oldukça yüksek olduğu için SSR ve SNP markörlerinin daha çok tercih edildiği görülmektedir [52].

Moleküler Markörlerin Uygulama Alanları

1. Genotip Tanımlama:

Morfolojik markörler genotipik tanımlama amacıyla kullanılabilir. Ancak morfolojik markörler, kolay gözlenebilmeleri ve bazı durumlarda kullanımları mutlak gerekli olmasına rağmen, çevresel faktörlerden etkilenerek yanlış seleksiyona yol açabilmektedirler. Fenotipik özelliklerin genetik kontrol mekanizmasının tam bilinmemesi, yetersiz varyasyon ve aranılan fenotipik özelliklerin uygun büyüme aşamasında ortaya çıkışının uzun zaman alması, bitki ıslahçıları moleküler markörlere yönlendirmiştir. Ancak biyokimyasal markörler başta buğday olmak üzere birçok bitkide genotip tanımlama amacıyla kullanılmaktadır. Makarnalık buğdayda bulunan protein markörleri (g-gliadin ve LMW-glutenin), genotiplerde son ürün kalitesini belirlemede birer işaret olarak tercih edilmektedir (Şekil 2). Moleküler markör teknikleri tahıllar başta olmak üzere birçok türde genotip tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bunlar, tahıl (*Hordeum* spp., *Oryza* spp., *Secale cereale*, *Triticum* spp. ve *Zea mays*), baklagiller (*Cicer* spp., *Lens culinaris*, *Pisum sativum*, *Phaseolus* spp. ve *Vigna* spp.), sebzeler (*Capsicum* spp., *Cucumis sativus*, *Lycopersicon esculentum*, *Solanum* spp. ve *Raphanus* spp.), şeker pancarı (*Beta* spp. ve *Saccharum* spp.), ve meyve ağacı (*Citrus* spp., *Prunus* spp., *Pyrus* spp., *Rubus* spp. ve *Vitis* spp.) gibi bitki türlerini içermektedir [19].

2. Çeşit Tescili:

DNA markör tekniklerinin bir diğer uygulama alanı ise, çeşit tescilinde kullanılmasıdır. Tescile önerilen çeşidin, diğer çeşitlerden farklılığı, homojenliği ve genetik olarak durulmuşluğu tanımlanmalıdır. Bu ölçütlerin test edilebilmesi için morfolojik veriler temel alınmaktadır. Günümüzdeki moleküler markör sistemleri, bitki çeşitlerinin tescilinde tek başına yeterli bir tanımlama aracı olmamakla birlikte, ıslahçıları kendi çeşitlerini korumak için, yardımcı bir sistem olarak moleküler markör tekniklerinden yararlanmaya başlamışlardır. Moleküler teknikler, özellikle yeni geliştirilen bir çeşit

ile var olan başka bir çeşit arasında morfolojik olarak çok az farklılığın bulunduğu durumlarda kullanılmaktadır. DNA markör teknikleri, tohumluk ticaretinde ve ıslahçı haklarında ortaya çıkan, bazı problemlerin kesin olarak çözümlenmesinde de kullanılabilir [5].

3. Islah Hatlarının Tanımlanması ve Tohum Saflık Testleri:

Islah programlarının yürütülmesi sırasında ortaya çıkan birçok durum nedeniyle, melez hatlarının tanımlanması gerekmektedir [18]. Islah çalışmalarında etiketlemeden kaynaklanan karışıklıklar nedeniyle, önemli miktarlarda ıslah hattı kaybedilebilmektedir. Islah hatlarının, tohum örneklerinin karıştırılması nedeniyle saflıkları kaybolabilmektedir. Moleküler markörler karışan bu hatların tanımlanmasında başarıyla kullanılmaktadır. Bununla ilgili yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Roose and Stone [38], RAPD ve RFLP markörlerinin, kuşkonmazda F1'leri F2 tohumlarından ayırmada kullanılabileceğini göstermişlerdir. Phippen ve ark. [33], fenotipik olarak ayırlamayan "Golden Acre" lahanası çeşidinde ait hatları ayırmada moleküler markörleri başarıyla kullanmıştır. Tivang ve ark. [47], RAPD tekniğini kullanarak enginar ıslah hatlarındaki varyasyonu belirlemişlerdir.

4. Hibrit Çeşit Saflık Testleri:

F1 hibrit çeşit üretimi, birçok ticari üründe başarıyla yapılabilmektedir. Hibrit geliştirilmesi aşamalarında, istenmeyen polen bulaşmaları ve dişi hatların kendine tozlanması nedenleriyle saflık bozulabilmektedir. Bir hibridin geliştirilmesi için yapılan melezleme işleminin başarısını ve hibrit saflığını belirlemek amacıyla moleküler markörler kullanılmaktadır. Birçok çeşitte, erkek ebeveyne özel moleküler markörler kullanılarak, erken dönemdeki gerçek hibritlerle, saf olmayan hatlar ayrılabilir [4].

5. Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi:

Moleküler markörlerin, bitki türlerinin genetik çeşitliliğini belirlemede iyi bir teknik olduğu kanıtlanmıştır [24]. Gen kaynaklarının tarımsal değeri, adaptasyonu ve performansını belirlemede markör tekniklerinin kullanılması bitki ıslahçılarına yardımcı olmaktadır.

Kraic ve ark. [27], SSR ve RAPD markörlerini kullanarak 23 ticari arpa çeşidinin genetik farklılıklarını saptamışlardır. Gündüz [17]'de SSR markörlerini kullanarak üç yerel

arpa çeşidi ve 52 hatta genetik çeşitliliği belirlemiştir.

Orijini farklı ülkeler olan 36 yerel ekmeklik buğday çeşidi arasındaki genetik ilişkinin belirlendiği bir çalışmada, SSR'ların genetik kaynakların varyasyonunu tespit etmede gen bankaları tarafından kullanılabilir olacak yararlı bir araç olduğu belirtilmiştir [8]. Sönmezoglu [45], 20 adet yerel makarnalık buğday çeşitleri arasındaki genetik farklılığı, SSR markörlerini kullanarak belirlemiştir. Benzer başka bir çalışmada SSR markörleriyle 20 adet yerel ekmeklik buğday çeşitlerindeki genetik farklılık tespit edilmiştir [6]. Eserkaya [12]; SSR, STS moleküler ve g-gliadin protein markörlerini kullanarak 29 adet yerel makarnalık buğday çeşitlerinde genetik farklılığı belirlemiştir.

6. Gen Kaynaklarının Genetik Kökeni:

Moleküler markörler, gen kaynaklarının genetik kökenleri hakkında oldukça yararlı bilgiler sağlamaktadırlar. Bu bilgiler ıslahçılar için, özellikle nadir bulunan genleri içeren gen kaynaklarının kullanılabilirliğine karar vermede önemlidir [5].

Shim ve Jorgensen [43], AFLP markörleriyle 1974–1976 yıllarında kültüre alınmış eski ve yabancı havuç çeşitlerinin, yeni ıslah edilen F1 hibrit çeşitlerinden daha fazla heterojen yapıya sahip olduklarını belirlemişlerdir. Villand ve ark. [49], Güney Amerika kökenli domates örneklerinin, eski dünya çeşitlerinden daha fazla genetik çeşitliliğe sahip olduğunu kaydetmişlerdir.

7. Tarımsal Performansın ve Adaptasyon Yeteneğinin Tahmini:

Moleküler çeşitlilik analizleri birçok tarımsal ve fizyolojik özellikler hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Bazen genetik çeşitlilik analizleri, bazı özellikler için tarama yapılmadan da çeşitlerin adaptasyon yeteneklerini belirlemede kullanılabilirler [5].

Dubreuil ve Charcosset [10] yaptıkları bir çalışmada, mısırda melezleme için uygun ebeveyn seçiminde, RFLP tekniğinin yararlı olduğunu göstermişlerdir. Skot ve ark. [44] tarafından yürütülen AFLP markörleriyle, soğuk toleransına sahip *Lolium perenne* populasyonu diğer populasyonlardan kolayca ayrılabilir. Thomson ve ark. [46] çeltikte RFLP ve SSR markörlerini kullanarak alüminyuma karşı tolerans yeteneğini saptamışlardır.

Markör Destekli Seleksiyon Ve Başarılı Örnekleri

Moleküler markör sistemleri, özellikle ekonomik olarak önemli tarım ürünleri için yapılmış olan DNA markör haritalarının (genetik haritalar) çıkarılmasına izin vermiştir. Böylece gelecekteki markör destekli seleksiyon uygulamaları için bir alt yapı sağlanmıştır. Bu karakterler genetik olarak basit karakterler olabildiği gibi, birkaç gen tarafından kontrol edilen ve çevreden etkilenen kantitatif karakterler de (QTL olarak adlandırılan kantitatif karakter lokusu) olabilmektedir [54].

Markör destekli seleksiyonun başarısı;

- Moleküler markörlerin ilgili agronomik QTL ile ya da major genlerle bağlı olup olmamasına,

- Markörlerle major genler ya da QTL arasındaki bağlantının gücüne,

- İlgili genom ya da karaktere bağlı markörler arasındaki yeterli rekombinasyona,

- Kullanılan moleküler markörlerin çok sayıda bireyi analiz edebilme yeteneğine bağlıdır [7]. Eğer moleküler markörler hedef gen içinde bulunursa, bu durumda hedef gen doğrudan klonlanabilir. Bazı durumlarda ise, hedef genler bir ya da daha fazla QTL tarafından tanımlanabilir. Bu durumda seçilen genomik bölge birden fazla marköre ya da hedef QTL'yi çevreleyen iki polimorfik marköre (flanking markör) sahip olmalıdır [13].

Günümüzde markör destekli ıslah çalışmaları çoğunlukla geriye melezleme yönteminde uygulanmaktadır. Klasik ıslaha kıyasla, moleküler markörlerin kullanımı geri melez ıslahının etkinliğini üç yolla sağlamaktadır;

- Fenotipik olarak zor belirlenen karakterler için markörlerle seleksiyon, seleksiyonun etkinliğini ve güvenilirliğini artırır.

- Markörler, hedef gen yanındaki rekombinasyon sonucu oluşan nadir döller bile seçebilir. Böylece bağlantı sürüklenmesinin etkilerini minimize edebilirler.

- Klasik ıslahta resesif genlerin transferinde, her geri melez sonrası ilave kendileme gerekir. Moleküler markörler bu tür ilave işlemleri ortadan kaldırmaktadır.

Sayılanlara ek olarak, klasik ıslahla süper genotiplerin seçilme olasılığı oldukça düşüktür. Islahçılar ancak sayısız melezlemeden elde edilen döller test ederek ya da düşük seleksiyon baskısı kullanarak bu problemin üstesinden gelebilmektedir. Oysa moleküler markörler erken

generasyonda yüksek performanslı genotiplerin teşhisine olanak sağlamaktadır [13]. Moleküler markörlerin geliştirilmesinden sonra markör destekli seleksiyon hız kazanmıştır. Özellikle tahıllarda verim, kalite, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, pestisit ve herbisitlere dayanıklılık, su stresine, tuzluluğa, alkaliliğe dayanıklılık gibi konularda yapılan çalışmalar giderek artmakta ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

1. Basit Karakterlerin Kalıtımı:

Moleküler markörler agronomik olarak önem arz eden tek (major) bir genin geri melezleme yöntemiyle hızlı ve etkin bir şekilde aktarımını sağlarlar. Geri melezleme ıslahında tekrarlanan anacın mümkün olan en yüksek oranda tekrar geri elde edilmesinde kullanılırlar. Fenotipik gözleme gerek kalmaksızın geni taşıyan geri melez hatların doğru seleksiyonunda moleküler markörler oldukça etkilidirler. Ayrıca farklı karakterlere etki eden birden fazla genin eş zamanlı aktarılmasını da mümkün kılarlar [52].

2. Kantitatif Karakterlerin (QTL)

Aktarımı :

Moleküler markörler, agronomik olarak önem arz eden ve birden fazla gen veya lokus tarafından kontrol edilen karakterlerin etkin bir şekilde aktarılmasını sağlamaktadırlar. Çevre şartlarından oldukça fazla etkilenen karakterlerin, fenotipik gözlem zorluklarını aşarak doğru bir şekilde seçilmelerine yardımcı olmaktadır.

Schmierer ve ark. [42], arpada yüksek malt verimi ve kalitesini sağlayan QTL'i, moleküler markörlerle transfer etmeyi başarmışlardır. Francia ve ark. [13] ise birbiriyle çok sıkı bağlantılı olan düşük sıcaklığa toleranslılıkla ilgili iki QTL bölgesini, PCR markörleriyle yardımıyla transfer etmişlerdir. Mısırdaki Williamson ve ark. [50], kurağa karşı dayanıklılık sağlayan QTL'de uygun allellerin transferinde, geri melez ıslahıyla markör destekli seleksiyon yöntemini kombine etmiştir. Beş adet tescilli makarnalık buğday çeşitlerinde yapılan bir çalışmada, ürün kalitesini etkileyen iki QTL bölgesi (LMW-2 glutenin ve g-gliadin 45) bu çeşitlere geri melezleme ıslahı yöntemi ile aktarılmıştır [53]. Tokak yerel arpa çeşidinde önemli QTL bölgelerindeki varyasyonlar ve bunların maltlık arpa ıslahında kullanıma olanakları araştırılan bir çalışmada, moleküler markörlerden yararlanılmıştır [23].

3. Gen Piramitlerinin Oluşturulması:

Aynı karaktere etki eden birden fazla genin aynı genotip içinde toplanmasına gen piramidi denilmektedir. Bu yöntem özellikle aynı hastalığa dayanıklılık sağlayan farklı özellikteki genlerin aynı genotipte toplanmasını ve kalıcı bir dayanıklılık sağlanmasını temin eder. MAS destekli geri melezleme yöntemi kullanılarak izogenik hatların (ILs) (kalitatif genler için) veya yakın izogenik hatların (NILs) (QTL'ler için) üretilmesi ilk basamaktır. ILs veya NILs ikili gruplar halinde melezlenerek farklı genler aynı genotipte toplanır ve böylece multihatlar elde edilir. Multihatlar yeterli sayıda kendilenecek genler homozigot hale getirilirler. Her bir geri melez ve kendileme generasyonu seleksiyonunda, genleri çerçeve içine alan markörlerin (flanking markör) kullanılması başarı şansını oldukça artırmaktadır [52].

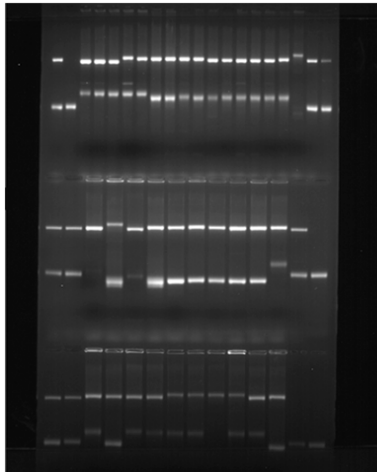
Ronald ve ark. [37] çeltikte, moleküler markörleri kullanarak *Oryza longistaminata* mantarı etmeninin üç ırkına karşı dayanıklılık sağlamışlardır. Cheng [3], buğdayda SSR markörlerini kullanarak, yaprak pasının farklı ırklarına karşı dayanıklılık sağlamıştır. Mohan ve ark. [31] çeltikte, etmeni biri fungus diğeri bakteri olan iki ayrı hastalığa karşı RFLP ve PCR markörlerini kullanarak gen piramidi tekniğini uygulamış ve bu iki etmene karşı dayanıklılık elde etmişlerdir. Liu ve ark [28]'nin yaptığı bir çalışmada moleküler markörler kullanılarak buğday sineğine karşı dayanıklılık sağlanmıştır. Jianhui ve ark. [22], STS markörlerini kullanarak küllemeye karşı dayanıklılık sağlamışlardır.

Yapılan benzer çalışmalarda, moleküler markörler kullanılarak, buğdayda küllemeye karşı 34 dayanıklılık geni tespit edilmiş ve gen piramitleme ile dayanıklılık sağlanmıştır [21,29,30,55].

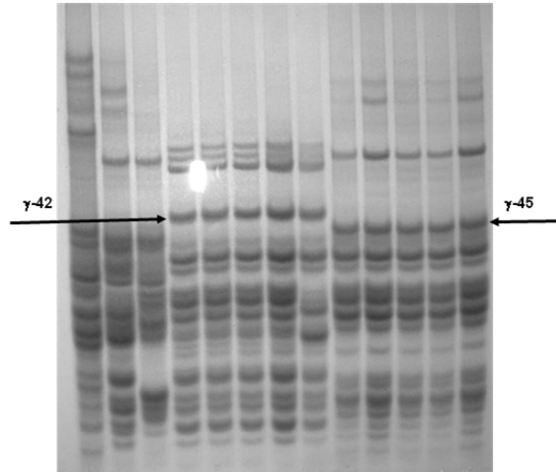
4. Moleküler Markörlerin Tahılların İslahında Kullanılması

Tahıl türleri içerisinde tarımı en çok yapılan buğday, çeltik, arpa ve mısır gibi bitki genomlarının gen içeren bölgeleri sırasıyla % 10, % 35, % 15 ve % 25'tir [11]. Bu dört bitki türüne ait son 20 yılda üretilmiş 20,000'den fazla moleküler markör (RFLP, STS, AFLP, SSR ve EST) mevcuttur (wheat.pw.usda.gov.). Bu markörlerden özellikle RFLP ve SSR markörleri tahıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. SNP markörlerinin ise tahıllardaki yüksek ploidi düzeyinden dolayı diğer markör tiplerine göre kullanımı azdır. Diğer markör tiplerine göre daha fazla polimorfik olan SSR markörlerin buğdayda tarama sonuçlarının % 3'lük metaphore jel örnekleri Şekil 1'de verilmiştir. Aynı zamanda, biyokimyasal markörler DNA markörleriyle kombine edilerek tahılların ıslahında kullanılmaktadır. Şekil 2'de buğdayda kullanılan biyokimyasal markörlerden g-gliadinin A-PAGE (asidik poliakrilamid jel elektroforez) eletroforogramı verilmiştir.

Tahıllar içerisinde en büyük genoma sahip buğdayda fiziksel ve genetik haritalama yapılmış ve yaklaşık 4000 kadar RFLP markörleri ve birçok kantitatif karakter (QTL) ve 7000 civarında fiziksel olarak haritalanmış



Şekil 1. Buğday çeşitlerinde genetik çeşitliliği



Şekil 2. Buğdayda A-PAGE elektroforogramı gösteren SSR markör tarama sonuçları

EST markörleri tespit edilmiştir [36]. Arpada ise 2000'den fazla arpa geni RFLP haritalama yöntemi ile tespit edilmiştir [9,39].

Tahıllarda bir türe özel geliştirilen markörler diğer tahıl türlerinde de kullanılabilir. Bunun nedeni, tahıl genomları arasındaki

yüksek ortolojidir. Özellikle arpa ve buğday da kullanılan markörlerin % 94'ü ortak olarak bu iki türde kullanılmaktadır [16]. Tahıl ıslahında çeşitli karakterler üzerinde kullanılan markör tipleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tahıllarda Çeşitli Karakterlerde Kullanılan Moleküler Markör Tipleri

BİTKİ ADI	KARAKTER/GEN	KULLANILAN MARKÖR	KAYNAK*
BUĞDAY			
	Yaprak pasına dayanıklılık	SSR	Kolmer (1996)
	Yaprak pasına dayanıklılık (<i>Puccinia recondita f.sp. tritici</i>) / Lr35 geni	STS ve CAPS	Seyfarth ve ark. (1999)
	Sarı pasa dayanıklılık (<i>Puccinia striiformis f.sp. tritici</i>) / Yr15 geni	RAPD ve SSR	Chague' ve ark. (1999)
	Yaprak pasına dayanıklılık (<i>Puccinia recondita f.sp. tritici</i>) / Lr47 geni	CAPS	Helguera ve ark. (2000)
	Bor elementine dayanıklılık / Bo-1 geni	SSR	Jefferies ve ark. (2000)
	Tepe yanıklığına dayanıklılık (<i>Fusarium graminearum</i>) / Qfhs. ndsu-3BS geni	RFLP	Anderson ve ark. (2001)
	Buğday sineğine dayanıklılık (<i>Sitodiplosis mosellana</i>) / Sm1 geni	SCAR	Thomas ve ark. (2001)
	Rusya buğday afidine dayanıklılık / Dn2 geni	SSR	Miller ve ark. (2001)
	Sap pasına dayanıklılık (<i>Puccinia graminis f.sp. tritici</i>) / Sr31 geni	STS	Mago ve ark. (2002)
	Sarı pasa dayanıklılık (<i>Puccinia striiformis f.sp. tritici</i>) / YrMoro geni	SSR	Smith ve ark. (2002)
	Yaprak pasına dayanıklılık (<i>Puccinia recondita f.sp. tritici</i>) / Lr34 geni	SSR	Suenaga ve ark. (2003)
	Küllemeye dayanıklılık (<i>Blumeria graminis f.sp. tritici</i>) / Pm5e geni	SSR	Huang ve ark. (2003)
	Hamur gücü / Glu1BX geni	STS	Juhasz ve ark. (2003)
	Küllemeye dayanıklılık (<i>Blumeria graminis f.sp. tritici</i>) / Pm4a geni	CAPS	Ma ve ark. (2004)
	Yaprak pası ve kahverengi pasına dayanıklılık / Lr34, Yr18 genleri	STS	Lagudah ve ark. (2006)
	Sarı pasa dayanıklılık	SSR	Yıldırım ve ark. (2007)

ARPA			
	Arpa sarı mozaik virüsü ne dayanıklılık / rym4/rym5 geni	SSR	Graner ve ark. (1999)
	Yaprak pasına dayanıklılık (<i>Puccinia hordei</i>) / Rph15 geni	CAPS	Graner ve ark. (2000)
	Yüksek malt verimi ve kalitesi	SSR, RAPD	Schmierer ve ark. (2004)
	Düşük sıcaklığa dayanıklılık	PCR markörleri	Francia ve ark. (2004)
	Yaprak pasına dayanıklılık (<i>Puccinia hordei</i>) / Rph7 geni	CAPS	Weerasena ve ark. (2004)
	Yüksek malt oranı	RFLP, SSR, STS	Kandemir ve ark. (2007)
ÇELTİK			
	<i>Oryza longistaminata</i> 'ya karşı dayanıklılık	PCR markörleri	Ronald ve ark. (1992)
	Çeltik yanıklık hastalığına dayanıklılık (<i>Pyricularia oryzae</i>) / Pi1, Piz5, Pita genleri	RFLP	Hittalmani ve ark. (2000)
	Brown planthopper / bph2 geni	STS	Murai ve ark. (2001)
	Bakteriyel yanıklığa dayanıklılık (<i>Xanthomonas oryzae pv. oryzae</i>) / xa5, xa13 ve xa21 genleri	STS	Singh ve ark. (2001)
	Tatarcık sineğine dayanıklılık (<i>Orseolia oryzae</i>) / Gm7 geni	SCAR	Sardesai ve ark. (2002)
	Çeltik yanıklık hastalığına dayanıklılık (<i>Pyricularia oryzae</i>) / Pi5(t) geni	CAPS	Jeon ve ark. (2003)
	Çeltik yanıklık hastalığına dayanıklılık (<i>Pyricularia oryzae</i>) / Piz, Pizt genleri	SNP, SSR	Hayashi ve ark. (2004)
	Çeltik yanıklık hastalığına dayanıklılık (<i>Pyricularia oryzae</i>) / Pi-b, Pi-k, Pita genleri	SSR	Fjellstrom ve ark. (2004)
MISIR			
	Kurağa dayanıklılık	PCR markörleri	Stuber (1994)
	Pancar nekrotik sarı damar virüsüne dayanıklılık (BNYVV) / Rr1 geni	SCAR	Barzen ve ark. (1997)
	SCMV virüsüne dayanıklılık / Scm1 ve Scm2 genleri	SCAR ve CAPS	Dussle ve ark. (2002)
ÇAVDAR			
	Alüminyuma Tolerans / Alt3 geni	RFLP	-
	Morfolojik Karakter / Ddw ve Mp genleri	İzoenzim markörleri	-

* Bu tabloda verilen referanslar kaynak kısmına alınmamıştır.

5. Moleküler Markörlerin Endüstri Bitkilerinin İslahında Kullanılması

Son yıllarda tahılların dışında çeşitli endüstri bitkilerinde de moleküler markörler kullanılmaya başlanmıştır. Endüstri bitkileri arasında pamuk ekonomik anlamda oldukça önemli bir bitkidir. Bu nedenle pamuk genomunun belirlenmesi ve ekonomik olarak önemli karakterleri kontrol eden genler arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla bağlantı haritaları oluşturulmuştur [48]. Pamukta moleküler markörler kullanılarak G genomuna özgü kromozomlar belirlenmiş ve bu genom kültürü yapılan çeşitlere aktarılmıştır. Çeşitli melezlemeler sonucu gossipol kalıtımının incelenmesi sağlanmıştır. Ayrıca genotip

çevre interaksyonu yine moleküler markörler sayesinde belirlenmiştir [2].

Moleküler markörlerin kullanıldığı diğer önemli bir bitki ise patatestir. Bu bitkide de moleküler markörler, kültürü yapılan patates türleri ile yabancı patates türleri arasındaki ilişkilerin saptanmasında ve türler arası farklılıkların ortaya konmasında başarıyla kullanılmıştır [20]. Bunlar dışında birçok ıslah çalışmasında da moleküler markörlerden faydalanılmıştır (Çizelge 2).

Farklı endüstri bitkilerinin ıslahında kullanılan moleküler markörler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Endüstri Bitkilerinde Çeşitli Karakterlerde Kullanılan Moleküler Markör Tipleri

BİTKİ ADI	KARAKTER/GEN	KULLANILAN MARKÖR	KAYNAK*
PAMUK			
	Yaprak kıvrılma virüsüne dayanıklılık	RAPD	Rahman ve ark. (2002)
	Solgunluk hastalığına dayanıklılık geni	SSR	Bölek ve ark. (2002)
	Lif kalite özelliklerini kontrol eden 13 QTL	RFLP, RAPD	Guo ve ark. (2003)
	Sitoplazmik erkek kısırlığının düzeltilmesi / Rf geni	RFLP	Liu ve ark. (2003)
	Solgunluk hastalığını kontrol eden QTL'in belirlenmesi	SSR	Bölek ve ark. (2005)
	Lif mukavemeti ile ilgili QTL'in belirlenmesi	RAPD, SSR	Zhang ve ark. (2005)
PATATES			
	Nematod'a dayanıklılık / H1 geni	RAPD, RFLP	Brodie (1999)
	Virüslere dayanıklılık	RFLP, SSR	Solomon-Blackburn ve Barker (2001)
	Patates yanıklığına dayanıklılık / R1 geni	RFLP	Gebhart ve ark. (2004)
SOYA FASÜLYESİ			
	Tohum ağırlığı ile ilişkili QTL	RFLP	Mianve ark. (1996)
	Protein ve yağ miktarlarıyla ilişkili QTL	SSR, RFLP	Brummer ve ark. (1997)
	Yaprak leke hastalığına dayanıklılık	RAPD	Zou ve ark. (1999)

AYÇİÇEĞİ			
	<i>P. helianthi</i> 'ye dayanıklılık / R-Adv geni	RFLP, SSR	Brahm ve ark. (2000)
	Çökerten hastalığına dayanıklılık / P1 geni	RFLP, RAPD	Brahm ve ark. (2000)
	Canavar otu'na dayanıklılık	EST	Lu ve ark. (2000)
	Gövde çürüklüğüne dayanıklılık	SSR, RFLP	Bert ve ark. (2004)

* Bu tabloda verilen referanslar kaynak kısmına alınmamıştır.

6. Moleküler Markörlerin Bahçe Bitkilerinin Islahında Kullanılması

Bahçe bitkilerinde günümüze kadar, farklı stres koşullarına dayanıklılık ve verim gibi kantitatif özelliklerle ilgili çalışmalarda istenilen başarı sağlanamamıştır. Ancak moleküler markörler yardımıyla bu sorunlar büyük ölçüde aşılmaya başlanmıştır [15,51]. Moleküler

markörler yardımıyla bahçe bitkilerinde kültür çeşitlerinin tanımlanması, filogenetik analizler, genetik akrabalıkların belirlenmesi, genetik haritalama, QTL analizleri ve markör destekli seleksiyon gibi birçok alanda başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Çeşitli bahçe bitkilerinin ıslahında kullanılan moleküler markörler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Bahçe Bitkilerinde Çeşitli Karakterlerde Kullanılan Moleküler Markör Tipleri

BİTKİ ADI	KARAKTER/GEN	KULLANILAN MARKÖR	KAYNAK*
DOMATES			
	<i>F. oxysporium</i> 'a dayanıklılık / I2 geni	RFLP	Sarfatti ve ark. (1989)
	<i>S. vesicarium</i> 'a dayanıklılık / Sm geni	RFLP	Behare ve ark. (1991)
	<i>P. syringae</i> 'ye dayanıklılık / Pto geni	RFLP	Debener ve ark. (1991)
	<i>C. fulvum</i> 'a dayanıklılık / Cfa geni	RFLP	WanderBeeek ve ark. (1991)
	<i>Meloydogyne spp.</i> 'ye dayanıklılık / Mi geni	RAPD	Williamson ve ark. (1994)
	<i>G. rostochiensis</i> 'e dayanıklılık / Hero geni	SSR	Ganal ve ark. (1995)
	<i>Meloydogyne spp.</i> 'ye dayanıklılık / Mi3 geni	RADP ve RFLP	Yaghoobi ve ark. (1995)
	<i>P. lycopersici</i> 'ye dayanıklılık / py-1 geni	CAPS	Doganlar ve ark. (1998)
	<i>V. dahliae</i> 'ye dayanıklılık / Ve geni	RFLP	Diwan ve ark. (1999)
	<i>O. lycopersicum</i> 'a dayanıklılık / Ol-1 geni	SCAR	Huang ve ark. (2000)
	<i>A. solani</i> 'ye dayanıklılık / QTL (1)	RFLP	Foolad ve ark. (2002)

FASÜLYE			
	<i>X. campestris</i> 'e dayanıklılık / QTL (7) geni	RFLP	Nodari ve ark. (1993)
	<i>Potyvirus</i> 'e dayanıklılık / I geni	RAPD	Haley ve ark. (1994)
	<i>U. appendiculatus</i> 'a dayanıklılık / PI 181996 geni	RAPD	Johnson ve ark. (1998)
	<i>C. lindemuthianum</i> 'a dayanıklılık / Co-4 ve Co-7 genleri	RAPD ve SCAR	Young ve ark. (1998)
ELMA			
	<i>V. inaequalis</i> 'a dayanıklılık / Vm geni	STS	Cheng ve ark. (1998)
	Büyüme ve gelişim / QTL (1)	RAPD	Conne ve ark. (1998)
	<i>V. inaequalis</i> 'a dayanıklılık / Vf geni	SCAR ve CAPS	King ve ark. (1999)
	<i>P. leucotricha</i> 'a dayanıklılık / P11 geni	SCAR	Kellerhals ve ark. (2000)
	<i>U. necator</i> 'a dayanıklılık/ Run1 geni	AFLP, CAPS, SCAR	Donald ve ark. (2002)
	<i>D. depecta</i> 'ya dayanıklılık / Sd-1 geni	RFLP, SSR, AFLP	Çevik ve ark. (2002)
ÜZÜM			
	<i>Powdery mildew</i> 'e dayanıklılık / Run 1 geni	AFLP	Pauquet ve ark. (2001)
BİBER			
	Potato Virüs'üne dayanıklılık / Pvr4 geni	RAPD, SCAR	Andres- Arnedo ve ark. (2002)
MUZ			
	B. Streak Virüs'üne dayanıklılık	AFLP	Lkeureux ve ark. (2003)
BEZELYE			
	Rhizobium nod. / Sym9 ve Sym10 genleri	AFLP ve RFLP	Sneider ve ark. (2002)
ŞEFTALİ			
	Meyve kalitesi / QTL (1)	RFLP, AFLP, RAPD	Dirlewanger ve ark. (1999)

* Bu tabloda verilen referanslar kaynak kısmına alınmamıştır.

SONUÇ

Markör destekli seleksiyon tekniği, özellikle tahıllarda yabancı gen kaynaklarından gen transferleri, resesif allellerin yönlendirilmesi ve seleksiyonu, gen piramitlerinin oluşturulması, geri melez ıslahında, erken seleksiyon gibi kullanımının yanı sıra gen izolasyonu ve klonlanmasında da kullanılabilir. Bu teknik

oldukça hızlı, etkin, doğru ve ekonomik bir seleksiyon tekniğidir. Ancak bu teknik, tek başına klasik ıslah metodlarının yerine kullanılabilecek bir yöntem değil, aksine klasik ıslahın başarısını artırıcı tamamlayıcı ve yardımcı bir tekniktir.

Yapılan ve bundan sonra yapılacak olan çalışmaların, markör destekli seleksiyon tekniğini daha ucuz ve daha etkili konuma getireceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim 2009. www.dpt.gov.tr.
- [2] Brubaker CL and Brown AHD. 2003. The use of multiple ailen chromosome addition aneuploids facilitataes genetic linkage mapping of the *Gossypium* G genome. *Genome* 46: 774-791.
- [3] Cheng FS, Weeden NF, Brown SK, Aldwinckle HS, Gardiner S.E. and Bus VG. 1998. Development of a DNA marker for Vm, a gene conferring resistance to apple scab. *Genome* 41: 208–214.
- [4] Crockett PA, Bhalla PL, Lee CK and Singh MB. 2000. RAPD analysis of seed purity in a commercial hybrid cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) cultivar. *Genome* 43: 317-332.
- [5] Çalışkan M. 2005. RAPD analizi ile güllerde (*rosa sp.*) genetik tanımlama. S: 8-20.
- [6] Dede B. 2006. Mikrosatelit DNA Belirleyicileri Kullanarak Yerel Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Tanımlanması (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- [7] Dekkers JCM. 2004. Commercial application of marker- and gene-assisted selection in livestock: strategies and lessons. *J. Anim. Sci.* 82 E-Suppl: E313–E328.
- [8] Dreisigacker S, Zhang P, Warburton ML, Skovmand B, Hoisington D and Melchinger A.E. 2005. Genetic diversity among and with in CIMMYT wheat landrace accessions investigated with ssrs and implications for plant genetic resources management. *Crop Science*, 45 : 65-661.
- [9] Donald TM, Pellerone F, Adam-Blondon AF, Bouquet A, Thomas MR and Dry IB. 2002. Identification of resistance gene analogs linked to a powdery mildew resistance locus in grapevine. *Theor. Appl. Genet.* 104: 610–618.
- [10] Dubreuil P and Charcosset A. 1999. Relationships among maize inbred lines and populations from European and North-American origins as estimated using RFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics* 99: 473-480.
- [11] Erayman M, Sandhu D, Sidhu D, Dilbirliği M and Gill KS. 2004. Demarcating the gene-rich regions of the wheat genome. *Nucleic Acids Res.* 32: 3546-3565.
- [12] Eserkaya GT. 2010. Yerel Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Makarna Kalitesini Etkileyen y-gliadin genleri Bakımından Moleküler ve Biyokimyasal Analizleri (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- [13] Francia E, Rizza F, Cattivelli L, Stanca AM, Galiba G, Toth B, Hayes PM, Skinner JS and Pecchioni N. 2004. Two loci on chromosome 5H determine low-temperature tolerance in a 'Nure' (winter) x 'Tremois' (spring) barley map. *Theor. Appl. Genet.* 108: 670-680.
- [14] Frankel OH. 1972. The Significance, Utilization and Conservation of Crop Genetic Resources, FAO, ROME.
- [15] Giroux MJ and Morris CF. 1997. A glycine to serine change in puroindoline b is associated whit wheat grain hardness and low levels of starch surface friabilin. *Theor Appl Genet.* 95: 857-864.
- [16] Goff SA, Ricke D, Lan TH, Presting G and R Wang. 2002. A draft sequence of the rice genome. *Science*, 296: 92-100.
- [17] Gündüz R. 2008. Tokak adlı üç Türk arpa genetik materyalinde SSR belirleyicileri kullanılarak genetik varyasyon düzeylerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- [18] Henry RJ. 1997. Practical applications of plant molecular biology. Chapman & Hall, London.
- [19] Henry RJ. 2001. Plant genotyping- The DNA fingerprinting of plants. CABI Publishing, UK.
- [20] Hosaka K. 2003. T-tye chloroplast DNA in *Solanum tuberosum* L. *ssp tuberosum* was conferred from some populations of *S. tarijense* Hawkens. *Am J Potato Res.* 80: 21-32.
- [21] Hsam SLK, Lapochkina IF and Zeller FJ. 2003. Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell.). 8. Gene Pm32 in a wheat-*Aegilops speltoides* translocation line. *Euphytica*, 133: 367–370.

- [22] Jianhui J, Qin B, Haiyan W, Aizhong C, Suling W, Peidu C, Lifang Z, Yu D, Dajun L and Xiue W. 2008. STS markers for powdery mildew resistance gene Pm6 in wheat. *Euphytica*, 2008. 163: 159–165.
- [23] Kandemir N ve Yıldırım A. 2008. Tokak yerel arpa çeşidinde önemli QTL bölgelerindeki varyasyonlar ve bunların maltlık arpa ıslahında kullanımla olanakları. TÜBİTAK TOVAG 107 O 103.
- [24] Kellerhals M, Koch T and Gessler C. 2000. Virulence Pattern of *Venturia inaequalis* Field Isolates and Corresponding Differential Resistance in *Malus x domestica*. Swiss Federal Research Station for Fruit-Growing, Wädenswil, Switzerland.
- [25] Khlestkina EK and Salina EA 2006. SNP markers: methods of analysis, ways of development and comparison on an example of common wheat. *Russian J Genet.* 42: 585-594.
- [26] Korzun V and Ebmeyer E. 2003. Molecular markers and their applications in wheat breeding. Rome, Italy. p: 140-143.
- [27] Kraic J, Zakova M and Gregova E. 1998. Comparison of Differentiation Capability of RAPD and SSR Markers in Commercial Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Cereal Research Communications*, 26 (4): 375-382.
- [28] Liu XM, Gill BS and Chen MS. 2005. Hessian fly resistance gene H13 is mapped to a distal cluster of R genes in chromosome 6DS of wheat. *Theor Appl Genet* 111: 243–249.
- [29] McIntosh RA, Yamazaki Y, Devos KM, Dubcovsky J, Rogers J and Appels R. 2003. Catalogue of gene symbols for wheat. Available on the Internet at <http://www.grs.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jsp>
- [30] Miranda LM, Murphy JP, Marshall D and Leath S. 2006. Pm34: a New powdery mildew resistance gene transferred from *Aegilops tauschii* Coss. to common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet* 113:1497–1504.
- [31] Mohan M, Nair S, A Bhagwat, Krishna TG, Yano M, Bhatia CR and Sasaki T. 1997. Genome mapping, moleküler markers and marker-assisted selection in crop plants. *Mol. Breed.* 3: 87-103.
- [32] Ovesna J, Polakova K and Leisova L. 2002. DNA analyses and their Applications in Plant Breeding. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 38 (1): 29–40.
- [33] Phippen WB, Kresovich S, Candelas FG and McFerson JR. 1997. Molecular characterisation can quantify and partition variation among genebank holdings; a case study with phenotypically similar accessions of *Brassica oleracea* var *capitata* L. (cabbage) ‘Golden Acre’. *Theoretical and Applied Genetics* 94; 227-234.
- [34] Powell W, Morgante M, Andre C, Hanafey M, Vogel J, Tingey S and Rafalski A. 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol. Breed.* 2: 225–238.
- [35] Rafalski JA. 2002. Applications of single nucleotide polymorphisms in crop genetics. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5: 94-100.
- [36] Randawa HS, Dilbirligi M, Sidhu D, Erayman M and Sandhu D. 2004. Deletion mapping of homoeologous group 6-specific wheat expressed sequence tags. *Genetics* 168: 677-686.
- [37] Ronald PC, Salmeron JM, Carland FM and Staskawicz BJ. 1992. The cloned avirulence gene *avrPto* induces disease resistance in tomato cultivars containing the *Pto* resistance gene. *J. Bacteriol.* 174: 1604–1611.
- [38] Roose ML and Stone NK. 1996. Development of genetic markers to identify two asparagus cultivars. *Acta Hort.* 415; 129-135.
- [39] Rostoks N, Zale JM, Soule J, Brueggeman R, Druka A, Kudrna D, Steffenson B and Kleinhofs A. 2002. A barley gene family homologous to the maize rust resistance gene *Rp1-D*. *Theor. Appl. Genet.* 104:1298-1306.
- [40] Röder MS, Huang XO, Ganai MW. 2004. Wheat microsatellites: potantiel and implications. *Berling Heidelberg*, p: 255-266.
- [41] Ruana J. and Sonnio A. 2003. Marker-assisted selection – Current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish. Chapter 1: 4-13.
- [42] Schimierer DA, Kandemir N, Kudrna DA, Jones BL, Ullrich SE and Kleinhofs A.

2004. Moleküler marker-assisted selection for enhanced yield in malting barley. Mol. Breed. Published on line.
- [43] Shim SI and Jorgensen RB. 2000. Genetic structure in cultivated and wild carrots (*Daucus carota* L.) revealed by AFLP analysis. Theoretical and Applied Genetics 101: 227-233.
- [44] Skot L, Hamilton NRS, S Mizen, Chorlton KH and Thomas ID. 2002. Molecular genecology of temperature response in *Lolium perenne*; 2. Association of AFLP markers with ecogeography. Molecular Ecology 11: 1865-1876.
- [45] Sönmezoğlu ÖA. 2006. Mikrosatelit DNA Belirleyicileri Kullanarak Yerel Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Tanımlanması (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat..
- [46] Thomson MJ, Tai TH, McClung AM, Hinga ME, Lobos KB, Xu Y, Martinez C and McCouch SR. 2003. Mapping quantitative trait loci for yield, yield components, and morphological traits in an advanced backcross population between *Oryza rufipogo* and *Oryza sativa* cultivar Jefferson. Theor. Appl. Genet. 107: 479-493.
- [47] Tivang J, Skroch PW, Nienhuis J and DeVos N. 1996. Randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) variation among and within artichoke (*Cynara scolymus* L.) cultivars and breeding populations. Journal of the American Society for Horticultural Science 121: 783-788.
- [48] Ulloa M, Meredith WR, Shappley ZW and Kahler AL. 2002. RFLP genetic linkage maps from four F2.3 populations and a joinmap of *Gossypium hirsutum* L. Theor Appl Genet. 104: 200-208.
- [49] Villand J, Skroch PW, Lai TP, Hanson CG and Nienhuis J. 1998. Genetic variation among tomato accessions from primary and secondary centers of diversity. Crop Science 38: 1339-1347.
- [50] Williamson VM, Ho J-Y, Wu FF, Miller N and Kaloshian I. 1994. A PCR-based marker tightly linked to the nematode resistance gene, Mi, in tomato. Theor. Appl. Genet. 87: 757-763.
- [51] Weising K, Nybom H, Wolff K and Mayer W. 1995. DNA fingerprinting in plants and fungi. CRC Press, Boca Raton.
- [52] Yıldırım A. 2007. Moleküler Genetik Ders Notları.
- [53] Yıldırım A, Sönmezoğlu ÖA, Eserkaya TG, Kandemir N, Sayaslan A. 2009. Makarnalık Buğdayda Modern Teknolojik Yöntemlerle Hızlandırılmış Kalite Islahı. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, Hatay.
- [54] Young ND. 1999. A cautiously optimistic vision for marker-assisted breeding. Mol. Breed. 5: 505-510.
- [55] Zhu ZD, Zhou RH, Kong XY, Dong YC, Jia JZ. 2005. Microsatellite markers linked to two genes conferring resistance to powdery mildew in common wheat introgressed from *Triticum carthlicum* acc. PS5 Genome 48: 585-590.