



Scanning of Dwarfing, Photoperiod Vernalization and Waxy Genes of Lines Carrying Rye Translocation in Reciprocal Recombinant Inbred Line Population Developed in Bread Wheat

Tuğba Güleç^{1,a,*}, Nevzat Aydın^{2,b}

¹Department of Plant and Animal Production, Vocational School of Technical Sciences, Karamanoğlu Mehmetbey University, 70100 Karaman, Turkey

²Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Karamanoğlu Mehmetbey University, 70100 Karaman, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 13/11/2019 Accepted : 13/12/2019</p> <p>Keywords: Bread wheat Rye translocation Ppd Vrn Waxy Genes</p>	<p>The aim of this study is to screen the recombinant inbred lines (RILs) carrying rye translocation for the semi-dwarf (<i>Rht</i>), photoperiod (<i>Ppd</i>) and vernalization (<i>Vrn</i>) genes. Recombinant inbred lines were obtained by hybridization of bread wheat varieties Tosunbey and Tahirova-2000. Only the lines carrying <i>IBL.IRS</i> rye translocation from population were used in the study. Parents and all of RILs were found to have <i>Rht-B1a</i>, which is a semi-dwarf allele, and <i>Ppd-D1a</i> allele, which is not susceptible to photoperiod. The vernalization alleles (<i>Vrn-A1</i>, <i>Vrn-B1</i> and <i>Vrn-D1</i>) in the lines were also determined. It was determined that both parents and all the RILs had <i>vrn-A1</i> allele, and not <i>Vrn-A1c</i> allele. It was determined that 151 of RILs contained <i>vrn-B1</i> allele and 154 of them contained <i>Vrn-B1</i> allele, while 131 of RILs had <i>vrn-D1</i> allele and 174 of them had <i>Vrn-D1</i> allele. In addition, molecular screening were carried out for waxy alleles (<i>Wx-A1</i>, <i>Wx-B1</i> and <i>Wx-D1</i>) which were effective on flour swelling, water holding capacity and shelf life of bread wheat. As a result of the molecular data it was found that 141 of RILs carry all three alleles and named as “normal amylose wheat” and 164 of them had only <i>Wx-A1</i> and <i>Wx-D1</i> alleles, as known “low amylose wheat”. The results indicated that the population used in the research could be the subject of some researches, especially drought tolerance, and RILs could be used to develop genetic material carrying rye translocation for wheat breeding programs.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(4): 912-919, 2020

Ekmeklik Buğdayda Geliştirilen Resiprokal Rekombinant Kendilenmiş Hat Populasyonunda Çavdar Translokasyonu Taşıyan Hatların Yarı Bodurluk, Fotoperiyod, Vernalizasyon ve Waxy Genlerinin Taraması[#]

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>[#]Bu çalışma Tuğba Güleç'in doktora tezinden üretilmiştir.</p> <p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 13/11/2019 Kabul : 13/12/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday Çavdar Translokasyonu Ppd Vrn Waxy Genleri</p>	<p>Bu araştırmanın amacı, çavdar translokasyonu taşıyan rekombinant kendilenmiş hatların yarı bodurluk (<i>Rht</i>), fotoperiyod (<i>Ppd</i>) ve vernalizasyon (<i>Vrn</i>) genleri bakımından genotipik olarak taranmasıdır. Rekombinant kendilenmiş hatlar Tosunbey ile Tahirova-2000 ekmeklik buğday çeşitlerinin melezlenmesi sonucu elde edilmiştir ve bu hatlar içerisinde sadece <i>IBL.IRS</i> çavdar translokasyonu taşıyan hatlar çalışmada kullanılmıştır. Anaçların ve hatların hepsinin yarı bodurluk alleli olan <i>Rht-B1a</i> ve fotoperiyoda hassasiyet taşımayan allel olan <i>Ppd-D1a</i> alleline sahip olduğu belirlenmiştir. Hatların sahip oldukları vernalizasyon allelleri de (<i>Vrn-A1</i>, <i>Vrn-B1</i> ve <i>Vrn-D1</i>) belirlenmiştir. Her iki anacın ve hatların <i>vrn-A1</i> allelini taşıdığı ve <i>Vrn-A1c</i> allelini ise taşımadığı belirlenmiştir. 151 adet hat <i>vrn-B1</i> allelini ve 154 adet hat <i>Vrn-B1</i> allelini taşırken, 131 adet hattın <i>vrn-D1</i> allelini, 174 adet hattın <i>Vrn-D1</i> allelini taşıdığı saptanmıştır. Çalışmada ayrıca unun kabarması, su tutma kapasitesi ve raf ömrü üzerinde etkili waxy allelleri (<i>Wx-A1</i>, <i>Wx-B1</i> ve <i>Wx-D1</i>) bakımından da moleküler taramalar yapılmıştır. Taramalar sonucunda 141 adet hattın her üç alleli de taşıdığı ve “normal amilozlu buğday” olduğu, 164 adet hattın ise sadece <i>Wx-A1</i> ve <i>Wx-D1</i> allellere sahip olduğu ve “düşük amilozlu buğday” olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışmada kullanılan populasyonun kuraklık başta olmak üzere bazı araştırmalara konu olabileceğini ve buğday ıslah programları için çavdar translokasyonu taşıyan genetik materyal geliştirmek için kullanılabilirliğini göstermektedir.</p>

^a tgulec@kmu.edu.tr ^b <https://orcid.org/0000-0002-1755-1082> | ^b nevzataydin@gmail.com ^b <https://orcid.org/0000-0003-3251-6880>



Giriş

Dünyada üretim miktarı bakımından ilk sıralarda yer alan buğday insan beslenmesinde günlük kalori ve protein miktarının önemli bir kısmını karşılamaktadır ve dünya nüfusunun yaklaşık olarak %35'inin temel besini niteliğindedir (Atlı, 1999; Hançer ve Elçi, 2016). Ülkemizde, 11,5 milyon ha alanda ekimi yapılan tahılların 7,2 milyon hektarında buğday yetiştirilmektedir. Ülkemizde buğdayın yıllık üretimi 20 milyon ton ve tane verimi 2770 kg/ha'dır (TÜİK, 2018).

Son yıllarda yaşanan küresel ısınma riski ve buna bağlı olarak ortaya çıkan kuraklık, buğday üretimini tehdit eden abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Dünyada buğday ekim alanlarının yaklaşık %55'i kuraklıktan etkilenmektedir (Richard ve ark., 2001). Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2018 yılı tahminlerine göre, kuraklığa bağlı olarak ortaya çıkan ürün kayıplarının buğdayda %12 olduğu bildirilmiştir. İklim değişiklikleri yanında hızla artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanmasında buğday önemli bir yere sahiptir ve önümüzdeki yıllarda kuraklık nedeniyle buğdayda ortaya çıkacak ürün kayıplarını azaltmak için en stratejik araştırma konusu kurağa toleranslı buğday çeşitlerinin geliştirilmesidir (Kutlu ve ark., 2017).

Çavdar translokasyonu taşıyan buğday genotiplerinde tane veriminin, tane ağırlığının, başak fertilitésinin, kök ve bitki biyokütlesinin arttığı bilinmektedir (Schegel ve Meinel, 1994; Moreno-Sevilla ve ark., 1995). Aynı zamanda çavdar translokasyonunda yer alan genlerin etkisiyle buğdayın çinko ve bakır alımının arttığı, alüminyum toksisitesine ve topraktaki asitliğe karşı toleransının arttığı gözlemlenmiştir (Tunca ve ark., 2018). Çavdar translokasyonları sayesinde buğday hatlarının sarı pas, kara pas, kahverengi pas, külleme gibi önemli hastalıklara ve bazı zararlılara karşı dayanıklılık kazandığı, yabancı otlara karşı da rekabet gücünün arttığı da belirlenmiştir (Zeller ve Fuchs, 1983; Heun ve Fischbeck, 1987; Tunca ve ark., 2018). Belirtilen nedenlerden dolayı çavdar translokasyonları, dünya genelinde buğday ıslahı programlarında yaygın olarak kullanılmakta ve melezleme ıslahı yöntemiyle birçok ekmeklik ve makarnalık buğday çeşidine aktarılmaktadır.

Son yüzyılda buğdayda tane veriminin artışına katkı sağlayan faktör ıslah programlarında kısa boylu buğdayların geliştirilmesi ve tarımsal üretimde kullanılmasıdır. Günümüzde de yüksek tane verimine sahip bodur veya yarı bodur buğday çeşitleri ıslah programlarında özellikle sulanan veya yağışın yüksek olduğu alanlara çeşit geliştirmek için kullanılmaktadır. Bitki boyu genellikle hasat indeksi ve yatmayı etkileyen bir özelliktir. Bodurluk genlerinin modern varyetelere aktarılmasıyla hasat indeksi %50'nin üzerine çıkmıştır (Evans, 1998). Yeşil devrimle ilişkilendirilen bu genler, bitkinin gibberellik aside cevap verme kabiliyetini azaltarak bitkinin boyunu azaltan *Rht* geninin mutant formlarıdır (Byerlee ve Moya, 1993). Ancak gibberellik aside duyarlı bodurluk genlerine sahip buğdaylar uzun boylu buğdaylara oranla daha küçük hücre boyutuna sahiptir ve gibberellik aside duyarlı bodurluk geni koleoptillerdeki kısalığın nedenidir (Feather ve ark., 1968; Keyes ve ark., 1989; Ateş ve ark., 2016).

Fotoperiyodizm, bitkilerin çiçeklenme için gündüz veya gece uzunluğuna verdikleri fizyolojik bir yanıtıdır (Bhardwaj ve ark., 2011; Hançer ve Elçi, 2016). Fotoperiyoda tepkiyi kontrol eden genler bitkilerin çiçeklenme başta olmak üzere büyüme ve gelişmelerinde önemli etkiye sahiptirler. Fotoperiyodizme hassasiyet genleri taşıyan buğday çeşitlerinin genellikle erken çiçeklendiği gözlenmiştir (Addisu ve ark., 2010; Hançer ve Elçi, 2016). Bu durum kuraklık gibi abiyotik streslere karşı tolerans sağlamla birlikte ve erken hasat imkanı da doğurmaktadır (Guove ark., 2009; Addisu ve ark., 2010; Hançer ve Elçi, 2016). Buğdayda fotoperiyodizme reaksiyonu kontrol eden genler *Ppd* genleri olarak bilinmektedir (Worland, 1996). Ekmeklik buğdayda fotoperiyodizmin, üç homolog kromozom (2D, 2B ve 2A) üzerinde bulunan başlıca üç gen *Ppd-D1*, *Ppd-B1* ve *Ppd-A1* tarafından kontrol edildiği bilinmektedir (Law ve ark., 1978; Scarth ve Law, 1983; Hançer ve Elçi, 2016). *Ppd-D1* ve *Ppd-B1* genlerinin yalnızca iki alleli (*Ppd-D1a* ve *Ppd-B1a*) fotoperiyodizme duyarlı olmayan genotiplerde mevcut iken, diğer iki allel (*Ppd-D1b* ve *Ppd-B1b*) fotoperiyodizme duyarlı genotiplerde bulunmaktadır (Guo ve ark., 2009).

Buğdayda adaptasyonun önemli genetik kaynaklarından biri de vernalizasyon (*Vrn*) genleridir (Worland ve Snape, 2001; Dubcovsky ve Yan, 2003). Çiçeklenmeyi hızlandırmada önemli olan vernalizasyon ihtiyacı, bitkilerin soğuğa adaptasyonu için de oldukça önemlidir. Buğdayda birkaç gen ailesi vernalizasyon tepkisinin genetik düzenlenmesinde yer almaktadır. Bunlardan en etkili olanları 5A, 5B ve 5D homolog kromozomlarının uzun kolunda yer alan *Vrn-A1*, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1* genleridir (Worland ve Snape, 2001; Yan ve ark., 2003). *Vrn-A1* vernalizasyona karşı tamamen duyarlılığı sağlayan en etkili allel olup, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1*'e epistattır. Buğdayda vernalizasyon genlerinin varlığı ile verim ve adaptasyonu artıran parametreler arasında önemli bir etkileşim olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Dubcovsky ve Yan, 2003; Yan ve ark., 2003).

Buğdayda gluten proteinlerinin miktarı ve özellikleri yanında nişastanın özellikleri de erişte başta olmak üzere bazı unlu mamullerin üretilmesinde oldukça önemlidir. Unlu mamullerin kalitesinde nişastanın miktarından ziyade mekanik zedelenme derecesi ve amiloz-amilopektin oranı belirleyicidir (Sayaslan, 2002; Sayaslan, 2004). Son ürün kalitesinde amiloz-amilopektin oranının önemli olması, son 15 yıldır yapılan çalışmalarda amiloz sentezini kontrol eden enzimler ve ilgili genlerin ayrıntılı olarak araştırılmasına neden olmuştur. Amiloz oranı düşük unlardan üretilen ekmekler, amiloz oranı yüksek olan unlardan üretilen ekmeklere oranla daha fazla kabarmakta, su tutma kapasitesi ve raf ömrü artmaktadır (Seib, 2000). Hexaploid buğdaylarda bulunan waxy proteinler ya da izoenzimler, buldukları genom dikkate alınarak *Wx-A1*, *Wx-B1* ve *Wx-D1* olarak isimlendirilmekte ve sırasıyla 7AS, 4AL ve 7DS kromozomları üzerindeki genler tarafından kodlanmaktadır (Nakamura ve ark., 1995). Nişastasında bu üç waxy proteini bulunduran buğdaylar 'normal' (common, wild-type, nonwaxy) buğdaylar olarak adlandırılmakta ve yaklaşık %28 amiloz içermektedirler. Bazı buğday nişastaları taşıması gereken bu üç waxy

proteinden bir veya ikisini içermemekte ve böyle buğdaylara ‘düşük amilozlu’ (reduced-amylose, partial waxy) buğdaylar adı verilmektedir. Doğal olarak bulunan düşük amilozlu buğdayların amiloz içerikleri genellikle %20-27 arasında değişmektedir. Eğer buğday nişastası söz konusu üç waxy proteinden hiçbirini taşıyorsa, bu tip buğdaylar ‘amilozsuz’ (amylose-free, waxy) buğdaylar olarak adlandırılmakta ve nişastası çoğunlukla %1’in altında amiloz içermektedir (Seib, 2000).

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde önemli bir yere sahip olan Tahirova-2000 ve Tosunbey ekmeklik buğday çeşitlerinden elde edilen ve *IBL.1RS* çavdar translokasyonu taşıyan rekombinant kendilenmiş ekmeklik buğday hatlarının yarı bodurluk, fotoperiyod, vernalizasyon ve waxy genleri bakımından allelik durumlarını saptamak ve popülasyonun kuraklık çalışmaları başta olmak üzere tarımsal araştırma ve genetik materyal geliştirme bakımından uygunluğunu genotipik olarak ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada materyal olarak daha önce yürütülen bir projede (2150608 numaralı TÜBİTAK Projesi) Tosunbey/Tahirova-2000 (Ankara grubu olarak adlandırılmıştır) melezlemesinden elde edilen 170 adet ve Tahirova-2000/Tosunbey (Sakarya grubu olarak adlandırılmıştır) melezlemesinden elde edilen 135 adet olmak üzere toplam 305 adet çavdar translokasyonu taşıyan rekombinant kendilenmiş ekmeklik buğday hattı kullanılmıştır.

DNA İzolasyonu

Tüm hatların ve anaçların tohumları petrilere ekilmiş ve 2-3 gün oda sıcaklığında tutularak çimlenme başladıktan sonra vernalize edilmek üzere 4°C’deki

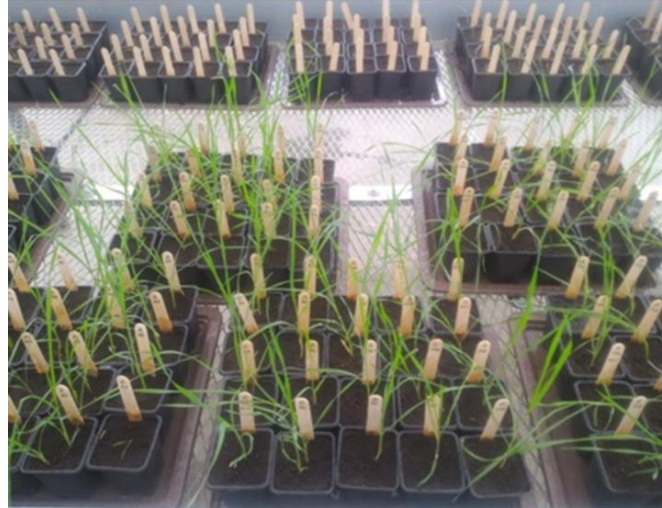
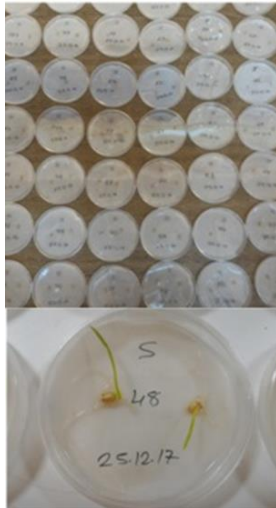
buzdolabına konulmuştur. Otuz gün süreyle vernalize edilen bitkiler 7 cm çapındaki saksılara ekilerek Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi araştırma serasına alınmıştır. Bitkiler gerekli bakım işlemleri yapılarak kontrollü sera şartlarında yetiştirilmiştir (Resim 1). Üç-dört yapraklı döneme gelen bitkilerden yaprak örnekleri alınarak DNA izolasyonu Thermo DNA Purification Kit kullanılarak yapılmıştır. DNA örnekleri %1’lik agarose jelde yürütülerek kontrol edilmiştir.

Moleküler Analizler

Kullanılan hatların *IBL.1RS* çavdar translokasyonunu taşıdığı daha önce yürütülen projede SDS-PAGE ile saptanmıştır. Bu çalışma kapsamında tesadüfi seçilen bazı hatlar bir kez de PCR’a dayalı DNA markörü (primeri) ile taranarak çavdar translokasyonu taşıdığı teyit edilmiştir. Kullanılan primer bilgisine Çizelge 1’de yer verilmiştir. *Rht-B1a* ve *Rht-B1b* genlerinin klonlanması ve bunların DNA dizilimlerinin belirlenmesinden sonra Ellis ve ark. (2002)’ları buğday bodurluk genlerinin yabancı (uzun tip) ve mutant (kısa tip) allelleri için DNA markörleri geliştirmişlerdir ve çalışmada bu primerler kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çalışmada kullanılan hatların fotoperiyoda duyarlı olmayan alleli *Ppd-D1a* ve fotoperiyoda duyarlılık alleli *Ppd-D1b*’yi taşıyıp taşımadıklarını belirlemek için Beales ve ark. (2007) ile Yang ve ark. (2008)’nın bildirmiş oldukları PCR şartlarında iki çift primer kullanılmıştır (Çizelge 3).

Vrn-A1, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1* allellerinin analizi için Zhang ve ark. (2008), Fu ve ark. (2005) ve Voss-Fels ve ark. (2017) referanslarında belirtilen PCR şartları ve Çizelge 4’de verilen primerler kullanılmıştır. *Wx-A1*, *Wx-B1* ve *Wx-D1* allellerinin analizi için Nakamura ve ark. (1995)’da belirtilen PCR şartları ve Çizelge 5’de verilen primer kullanılarak jeldeki bant görüntüleri elde edilmiştir.



Resim 1. Çimlendirilmek üzere petrilere ekilen hatların tohumları ve saksılara ekilen bitkilerin serada büyütülmesi
Figure 1. Plants grown in flowerpots and petri dishes

Çizelge 1. *IBL.1RS* çavdar translokasyonu için kullanılan primer dizisi

Table 1. Marker sequence used for *IBL.1RS* rye translocation

Primer	Primer Dizisi (5'--- 3')	Referans
<i>Sec1Gene</i>	AACATGAAGACCTTCCTCATC CGTTACATTGAACACTCCATT	Yamamoto ve Mukai (2005)

Çizelge 2. *Rht-B1a* ve *Rht-B1b* allellerinin analizi için kullanılan primerlerTable 2. Markers used for the analysis of *Rht-B1a* and *Rht-B1b* alleles

Primer	Primer Dizisi (5'--- 3')	Referans
<i>Rht-B1a</i> (Uzun Tip) BF WR1	GGTAGGGAGGCGAGAGGCGAG CATCCCCATGGCCATCTCGAGCT	Ellis ve ark. (2002)
<i>Rht-B1b</i> (Kısa Tip) NH-BF2 MR2	TCTCCTCCCTCCCCACCCAAC CCCATGGCCATCTCGAGCTGCTA	Zhang ve ark. (2006)

Çizelge 3. *Ppd-D1b* ve *Ppd-D1b* allellerinin analizi için kullanılan primerlerTable 3. Markers used for the analysis of *Ppd-D1b* and *Ppd-D1b* alleles

Primer	Primer Dizisi (5'--- 3')	Referans
<i>Ppd-D1a</i>	F: ACGCCTCCCACTACACTG R: CACTGGTGGTAGCTGAGATT	Beales ve ark. (2007)
<i>Ppd-D1b</i>	F: ACGCCTCCCACTACACTG R: TGTGGTTCAAACAGAGAGC	Yang ve ark. (2008)

Çizelge 4. *Vrn-A1*, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1* allellerinin analizi için kullanılan primerlerTable 4. Markers used for the analysis of *Vrn-A1*, *Vrn-B1* and *Vrn-D1* alleles

Lokus	Allel	Primer	Primer Dizisi (5'--- 3')	Referans
<i>Vrn-A1</i>	<i>vrn-A1</i>	Sense	CAGCCTGGTGTATGTTGCGGTTGC	Voss-Fels ve ark. (2017)
		Antisens	ATTACTCGTACAGCCATCTCAGCC	
	<i>Vrn-A1c</i>	Intr1/A/F2	AGCCTCCACGGTTTGAAGTAA	Fu ve ark. (2005)
<i>Vrn-B1</i>	<i>Vrn-B1</i>	Intr1/A/R3	AAGTAAGACAACACGAATGTGAG	Zhang ve ark. (2008)
		Intr1/B/F	CAAGTGAACGGTTAGGACA	Fu ve ark. (2005)
	<i>Vrn-B1</i>	Intr1/B/R3	CTCATGCCAAAAATTGAAGATGA	Zhang ve ark. (2008)
	<i>vrn-B1</i>	Intr1/B/F	CAAGTGAACGGTTAGGACA	Fu ve ark. (2005)
		Intr1/B/R4	CAAATGAAAAGGAATGAGAGCA	Zhang ve ark. (2008)
	<i>Vrn-D1</i>	<i>Vrn-D1</i>	Intr1/D/F	GTTGTCTGCCTCATCAAATCC
Intr1/D/R3			GGTCTGGTGGTCTGTGC	Zhang ve ark. (2008)
<i>vrn-D1</i>		Intr1/D/F	GTTGTCTGCCTCATCAAATCC	Fu ve ark. (2005)
		Intr1/D/R4	AAATGAAAAGGAACGAGAGCG	Zhang ve ark. (2008)

Çizelge 5. *Wx-A1*, *Wx-B1* ve *Wx-D1* allellerinin analizinde kullanılan primerTable 5. Markers used for the analysis of *Wx-A1*, *Wx-B1* and *Wx-D1* alleles

Primer	Primer Dizisi (5'--- 3')	Referans
<i>Waxy</i>	F: CTGGCCTGCTACCTCAAGAGCAACT R: CTGACGTCCATGCCGTTGACGA	Nakamura ve ark. (1995)

Bulgular ve Tartışma

Buğday-Çavdar Translokasyonu Analizi

Hatların *1BL.RS* çavdar translokasyonu taşıdığı daha önce yürütülen projede SDS-PAGE ile saptanmıştır. Bu çalışma kapsamında tesadüfi olarak seçilen 100 adet hat bir kez de *Sec1Gene* primeri ile taranmış ve hatların tamamının çavdar translokasyonu taşıdığı teyit edilmiştir (Resim 2).

Yarı Bodurluk Genlerinin Analizi

Çalışmada kullanılan hatların *Rht-B1a* (Uzun tip) ve *Rht-B1b* (Kısa tip) allelini taşıyıp taşımadıklarını belirlemek için Ellis ve ark. (2002) ile Zhang ve ark. (2006)'nın bildirmiş oldukları PCR şartlarında *Rht1* ve *Rht2* primerleri kullanılmıştır. Analizler sonucunda her iki anacında *Rht-B1a* (Uzun tip) alleleline sahip olduğu ve *Rht-B1b* allelini taşımadığı saptanmıştır (Resim 3). Bu sonuç, popülasyondaki hatların genetik olarak uzun boylu bitkiler olma ihtimalini artıracaktır. Bilindiği üzere kuraklığa tolerans çalışmalarında kuraklık geldiği dönemde saptaki kuru madde rezervlerinin uzun boylu bitkilerde kısa boylu bitkilere kıyasla daha fazla olması önemli bir avantajdır.

Rht-B1b ve *Rht-D1b* mutant genleri birçok ticari çeşitte bulunan "gibberellik asite duyarsız" bodurluk genleridir ve verim üzerine direkt etkileri bulunmaktadır (Gale ve Youssefian, 1985). Bu genlerin etkisiyle ortaya çıkan kısa boylu yeni bitki tipi pleiotropik etki ya da yakın linkage sayesinde hem yatmaya karşı toleranslı hem de yüksek verimlidir (Hoogendoorn ve ark., 1988). Ancak bu bodurluk genleri, tahıllarda kısa koleoptile neden olmaktadır (Feather ve ark., 1968). Koleoptil uzunluğu, özellikle derine ekimin yapıldığı kurak sezonlarda buğday bitkisi için önemli bir karakteristik özelliktir ve ekim derinliğini etkiler (Longnecker, 1993). Ülkemiz, kuraklık problemi yaşanan yarı kurak kuşakta yer aldığı için kurak çevre koşullarında tohumlar nemden yeterince yararlanabilmek için daha derine ekilmelidir. Çalışmamızda kullanılan anaçların her ikisinin de "standart tip" olarak adlandırılan *Rht-B1a* alleleline sahip olduğu belirlenmiştir. *Rht-B1a* alleleline sahip çeşitler *Rht-B1b* alleleline sahip çeşitlere göre daha uzun boylu olurlar ancak buna bağlı olarak koleoptil boyları da daha uzun olmaktadır (Pumpa ve ark., 2013; Ateş ve ark., 2016). Günümüzde yaygın olarak kullanılan yüksek verimli

buğday çeşitleri sahip oldukları kısa koleoptil boyları nedeniyle kuraklaşan dünyada beklentileri karşılayamayacaktır (Ateş ve ark., 2016). Bu çalışmada da kullanılan hatların *Rht-B1a* alleliyle birlikte, bu allele ilişkili olan *Ppd-D1a* ve *Vrn* allellerine de sahip olması, kuraklık ve verim ile ilgili çalışmalarda bu hatların elit materyal olarak kullanılabilme potansiyeli doğuracaktır.

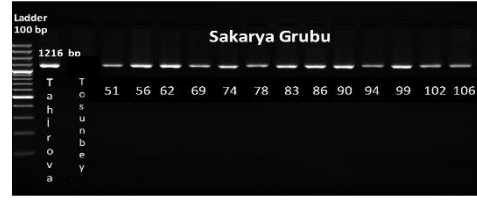
Fotoperiyod Allellerinin (*Ppd-D1a* ve *Ppd-D1b*) Analizleri

Çalışmada kullanılan hatların fotoperiyoda duyarlılık alleli *Ppd-D1a* ve fotoperiyoda duyarlılık alleli *Ppd-D1b*'yi taşıyıp taşımadıklarını belirlemek için Beales ve ark. (2007) ile Yang ve ark. (2008)'nin bildirmiş oldukları PCR şartlarında iki çift primer kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan anaçların ve hatların fotoperiyodizme duyarlı olmayan *Ppd-D1a* allelini taşıdığı ve fotoperiyodizme duyarlılık alleli olan *Ppd-D1b* allelini taşımadığı belirlenmiştir (Resim 4). Fotoperiyodizme duyarlı olmayan buğday genotipleri hem uzun hem de kısa gün şartlarında çiçeklenebilmektedir ve bu genotipler genel olarak daha erken çiçeklenme eğilimindedirler (Bhardwaj ve ark., 2011; Hançer ve Elçi, 2016). Bu nedenle bu genotiplerin çeşitli biyotik ve abiyotik streslere karşı daha toleranslı olmak adına daha kısa sürede hasat olgunluğuna gelme potansiyelleri mevcuttur (Addisu ve ark., 2010; Hançer ve Elçi, 2016). Döllenmeden sonra tane dolun döneminde yaşanabilecek kuraklık stresi, yüksek sıcaklıklar ve strese neden olabilecek çevre koşullarından dolayı buğday tanesine asimilatların taşınımının engellendiği düşünülmektedir. Bitkilerde erkencilik, bu tür olumsuzlukların etkilerinin azaltılmasında rol oynayan önemli bir stresten kaçış mekanizmasıdır (Hançer ve Elçi, 2016).

Fotoperiyoda tepkiyi düzenleyen genlerin başaklanma zamanı üzerinde de etkili olduğu bilinmektedir (Bhardwaj ve ark., 2009). Genotipin taşıdığı bodurluk gen kombinasyonuna göre değişmekle birlikte başaklanma zamanı ve bitki boyu arasında da erken başaklanan bitkilerin daha kısa bitki boyuna sahip olma eğilimleri şeklinde bir ilişki bulunmaktadır (Bezant ve ark., 1996). Yapılan bir çalışmada *Rht* ve *Ppd-D1* genlerinin birlikte etkisi sonucu bitki boyunu 10 cm kısalttığı, başakçık verimliliğini arttığı ve başaklanmanın sekiz gün erken gerçekleştiği bildirilmiştir (Borojevic ve Borojevic, 2005).

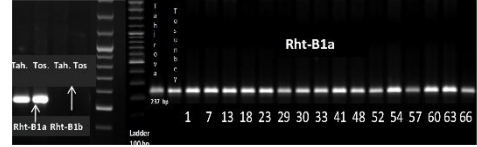
Vernalizasyon Genlerinin Analizi

vrn-A1 (resesif) ve *Vrn-A1c* (dominant) allellerinin analizi için yapılan moleküler tarama sonuçlarına göre, her iki anaç ve hatların *vrn-A1* allelini taşıdığı ve *Vrn-A1c* allelini ise taşımadığı belirlenmiştir (Resim 5). *vrn-B1* (resesif) ve *Vrn-B1* (dominant) allellerinin analizi sonucunda, 151 adet hattın *vrn-B1* alleleline, 154 adet hattın *Vrn-B1* alleleline sahip olduğu bulunmuştur (Resim 6). *vrn-D1* (resesif) ve *Vrn-D1* (dominant) allellerinin analizi sonucunda, 131 adet hattın *vrn-D1* alleleline, 174 adet hattın *Vrn-D1* alleleline sahip olduğu bulunmuştur (Resim 7). Hatlarda saptanan vernalizasyon gen kombinasyonları sonucunda popülasyonda bulunan hatların farklı sürelerde vernalize olma ihtiyaçları olacağı öngörülebilir. Populasyon üzerinde yapılan bazı çalışmalar neticesinde bu sürenin 15 ile 30 gün arasında değişeceği söylenebilir.



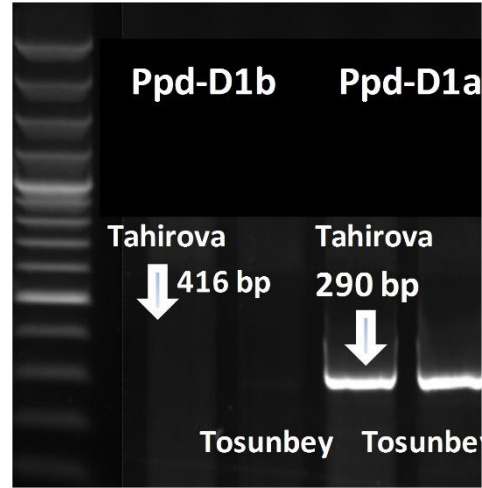
Resim 2. Sec1 Gene primeriyle taranan bazı Sakarya grubu hatları

Figure 2. Some Sakarya group lines scanned with Sec1 Gene marker



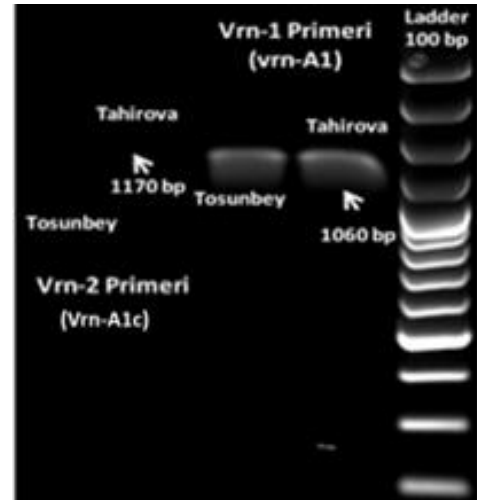
Resim 3. Rht-B1a ve Rht-B1b allelinin anaçlarda ve bazı hatlarda taranması

Figure 3. Screening of Rht-B1a and Rht-B1b allele on parents and some lines



Resim 4. Anaçlarda Ppd-D1a ve Ppd-D1b allellerinin analizi

Figure 4. Analysis of Ppd-D1a and Ppd-D1b alleles in parents



Resim 5. Anaçlarda Vrn-1 ve Vrn-2 primerleriyle yapılan tarama sonucu

Figure 5. Screening of Vrn-1 and Vrn-2 markers in parents

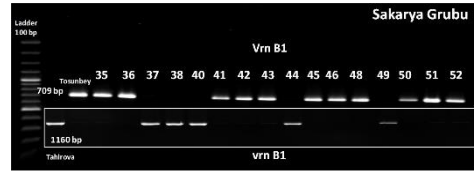
Bitkiler farklı kuraklık şartlarında yetiştirildiğinde kuraklığa tolerans için bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimler yaşamaktadır. Bu değişimlerin yaşandığı ve kurak dönem boyunca kayıplarını en aza indiren genotipler kuraklık zararından en az şekilde etkilenmektedir. Kuraklığa tolerans için buğdayın toprak üstü kadar kök bölgesinin özellikleri de önem taşımaktadır. Kurağa tolerans bakımından buğdayın kök derinliği, kök büyüme açısı ve kök yoğunluğu sıkça kullanılan parametrelerdir. Kökler bitkide büyümenin düzenlenmesinde kilit rol oynamakla birlikte bitkinin topraktaki rezerv suya ulaşması açısından da hayati öneme sahiptir. Kök mimarisi, abiyotik stres koşullarında bitki performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Lynch, 2013; Voss-Fels ve ark., 2017). Çiçeklenmede etkili olan vernalizasyon allellerinin (*Vrn*) bazı kombinasyonlarının buğdayda kök açılarının üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Bazı *Vrn* gen kombinasyonlarına sahip genotiplerin köklerinin dar açıyla geliştiği belirlenmiştir (Deng ve ark., 2015; Voss-Fels ve ark., 2017). Çalışmamızda kullanılan anaç ve hatlardaki *Vrn-A1*, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1* allellerinin kombinasyonları belirlenmiş olup Voss-Fels ve ark. (2017) tarafından yürütülen araştırma yer alan vernalizasyon gen kombinasyonlarına sahiptir. Bu durum çalışmada kullandığımız popülasyonun benzer kök araştırmalarında kullanılabileceğini göstermektedir.

Köklerde yapılan çalışmaların sınırlı olması, kökleri gözlemlenmede, ölçmede ve manipüle etmedeki zorluktan kaynaklanmaktadır (Shen ve ark., 2002; Sharma ve ark., 2011). Ayrıca kök özellikleri ve kökün büyüme deseni genetik faktörler yanında çevreye bağlı olarak büyük ölçüde değişmekte ve kökler doğrudan gözlemlenmediği için araştırmalar güçlüklerle gerçekleştirilmektedir. Kök özellikleri, her biri küçük bir genetik etkiye sahip birçok gen tarafından (QTL) kontrol edilmektedir (Sharma ve ark., 2009). Ehdiae ve ark. (2003), *IRS* translokasyonları olan buğday hatlarında kök biyokütlesinde belirgin bir artış ve kök biyokütle ile buğday verimi arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir. *IRS* taşıyan buğdaylarda kök biyokütlesindeki artıştan sorumlu mekanizmaları aydınlatmak için, gelişmiş kök özelliklerinden sorumlu lokusların genetik olarak haritalanması ve tanımlanması yapılmıştır (Sharma ve ark., 2011). Kök özelliklerini etkileyen lokusların tahıl verimini ve agronomik performansı etkilediği gösterilmiş olmasına rağmen, başlıca tahıl türlerinin kök gelişiminin genetik kontrolü hakkında halen sahip olunan bilgi sınırlıdır. Araştırmada kullanılan hatların çavdar translokasyonu taşıması kök özellikleri bakımından genetik olarak üstünlüklere sahip olma potansiyelini artıracaktır.

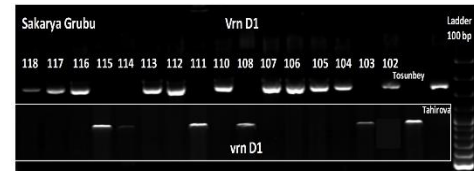
Vrn-A1 vernalizasyona karşı tamamen duyarsızlığı sağlayan en etkili allel olup, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1*'e epistatiktir. Buna karşın, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1* vernalizasyona çok az duyarsızlığı sağlayan allellerdir. Buğdayda vernalizasyon genlerinin varlığı ile verim ve adaptasyonu artıran parametrelerin varlığı arasında önemli bir etkileşim olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Dubcovsky ve Yan, 2003; Yan ve ark., 2003). Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarla vernalizasyon allellerinin kombinasyonlarının, tahıllarda kök büyümesi üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır. Voss-Fels ve ark. (2017)'nin yaptıkları bir çalışmada, *Vrn-A1*, *Vrn-B1* ve *Vrn-D1* allellerinin farklı kombinasyonlarının buğdayda kök büyüme açıları üzerinde nasıl bir etkide bulunduğu araştırılmıştır.

Waxy Allellerinin Analizi

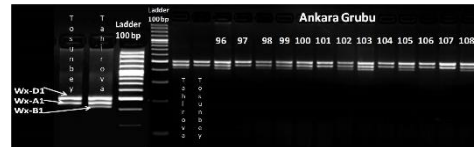
Tüm hatlarda *Wx-A1*, *Wx-B1* ve *Wx-D1* allellerinin analizi için *Waxy* primeri kullanılarak Nakamura ve ark. (1995)'da belirtilen PCR şartları uygulanmıştır (Resim 8). Taramalar sonucunda, 141 adet hattın her üç alleli de taşıdığı belirlenmiştir. *Wx-A1*, *Wx-B1* ve *Wx-D1* allellerinin üçünü birden taşıyan buğdaylar "normal amilozlu buğday" olarak adlandırılmakta ve yaklaşık %28 amiloz içermektedir. 164 adet hattın ise sadece *Wx-A1* ve *Wx-D1* allellerine sahip olduğu belirlenmiştir. Eğer buğday taneleri, üç allelden birini veya ikisini içerirse "düşük amilozlu buğday" olarak adlandırılmakta ve yaklaşık %20-27 amiloz içermektedir. Amiloz oranı düşük unlardan üretilen ekmekler, amiloz oranı yüksek olan unlardan üretilen ekmeklere oranla daha fazla kabarmakta, su tutma kapasitesi ve raf ömrü artmaktadır (Seib, 2000). Yapılan araştırmalar amilozsuz ve yüksek amilozlu buğdayların gıda endüstrisinde kullanım potansiyellerinin olduğunu göstermektedir. Ancak henüz ticari boyutta üretim ve kullanımları söz konusu değildir. Önemli bir buğday üreticisi ve tüketicisi olan ve özellikle gen kaynakları bakımından zengin olan ülkemizde de benzer çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bunun için amiloz geni (*waxy*) allellerini (*Wx-A1*, *Wx-B1* ve *Wx-D1*) taşıyan buğday genotiplerinin belirlenmesi önemlidir.



Resim 6. Anaçlarda ve bazı hatlarda *Vrn-3* ve *Vrn-4* primerleriyle yapılan tarama sonuçları
Figure 6. Screening results of *Vrn-3* and *Vrn-4* markers in parents and some lines



Resim 7. Anaçlarda ve bazı hatlarda *Vrn-5* ve *Vrn-6* primerleriyle yapılan tarama sonuçları
Figure 7. Screening results of *Vrn-5* and *Vrn-6* markers on parents and some lines



Resim 8. Anaçların ve bazı hatların taşıdığı *waxy* allelleri
Figure 8. *Waxy* alleles carried by parents and some lines

Sonuç

Çavdar translokasyonu dünyada birçok ıslah programında sağladığı avantajlar nedeniyle yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde ise yapılan bir araştırmada sadece dört tescilli çeşidin çavdar translokasyonu taşıdığı saptanmıştır (Yediyar ve ark., 2010). Ülkemizde buğday ıslah programlarında çavdar

translokasyonu taşıyan çeşidin az olmasının nedeni bu genotiplerin çavdara özel secalin proteini taşıması nedeniyle ekmeklik kalitesinin düşük olmasıdır. Bununla birlikte çavdar translokasyonu kök özellikleri, agronomik ve hastalıklara dayanıklılık bakımından ıslah programları için önemli avantajlar sağlamaktadır. Buğdayda tane verimi çok genle kontrol edilen ve çevre etkisinin yüksek olduğu ve dolayısıyla kalıtım derecesinin düşük olduğu bir özelliktir. Bununla birlikte buğdayın tane verimini belirleyen iki temel özellik başaklanma süresi ve bitki boyudur (Bezant ve ark., 1996). Genel olarak kuru koşullarda kuraklıktan kaçmak amacıyla erkenci ve uzun boylu genotipler tercih edilirken, sulanan veya yağışı yüksek alanlarda geç başaklanan ve kısa boylu genotipler tercih edilmektedir. Tahıllarda çiçeklenme ve bitki boyu genel olarak vernalizasyon, fotoperiyoda hassasiyet ve bodurluk genleri tarafından kontrol edilmekte ve çevreden etkilenmektedir. Başka bir ifadeyle buğdayda tane veriminde ve adaptasyonda bu genlerin etkisi oldukça fazladır. Tane verimi yanında son yıllarda yapılan birçok araştırmada, bu genlerin buğdayda farklı özellikler üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır. Bunlar; bodurluk geni ve meristem büyüklüğü (Tonkinson ve ark., 1997; Chen ve ark., 2018), DELLA proteini ve bodurluk geni arasındaki ilişkiler (Borner ve ark., 1993; Cho ve ark., 2015) buğdayın kök açısına *Vrn* gen kombinasyonunun etkisi (Voss-Fells ve ark., 2017), bodurluk ve fotoperiyod genlerinin buğdayda polen üretimine etkisi (Okada ve ark., 2019) gibi araştırmalardır. Araştırmada kullanılan popülasyonda çavdar translokasyonu taşıyan rekombinant kendilenmiş hatların söz konusu genler bakımından genotipik taraması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda, söz konusu popülasyonun özellikle kuraklığa toleransı amaçlayan ıslah programları, kök araştırmaları ve diğer bilimsel araştırmalar için çavdar translokasyonu taşıyan elit materyallerin geliştirilmesi açısından uygun olduğu saptanmıştır.

Teşekkür

Bu araştırma, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 02-D-18 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür.

Kaynaklar

- Addisu M, Snape JW, Simmonds JR, Gooding MJ. 2010. Effects of reduced height (*Rht*) and photoperiod insensitivity (*Ppd*) alleles on yield of wheat in contrasting production systems. *Euphytica*, 172 (2) :169-181.
- Ateş F, İstipliler D, Tonk FA, Morgounov A, Akın B, Tosun M. 2016. Bazı Modern Buğday Varyeteleri ve Yerel Çeşitlerin Melez Populasyonlarında Koleoptil Uzunluğunun Kalıtımı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (Özel sayı-1): 37-41.
- Atlı A. 1999. Buğday ve ürünleri kalitesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 8-11 Haziran, Konya, s: 498-506.
- Beales J, Turner A, Griffiths S, Snape JW, Laurie DA. 2007. A pseudo-response regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet* 115 (5):721-733.
- Bezant J, Laurie D, Ptatchett N, Chojecki J, Kearsey M. 1996. Marker regression mapping of QTL controlling flowering time and plant height in a spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross. *Heredity*, 77: 64-73.

- Bhardwaj P, Chaturvedi AK, Prasad P. 2009. Effect of enhanced lead and cadmium in soil on physiological and biochemical attributes of *Phaseolus vulgaris* L. *Nature Sci.*, 7: 63-75.
- Bhardwaj V, Meier S, Petersen LN, Ingle RA, Roden LC. 2011. Defence responses of *Arabidopsis thaliana* to infection by *Pseudomonas syringae* are regulated by the circadian clock.
- Borner A., Worland, A. J., Plaschke, J., Schumann, E., Law, C.N. 1993. "Pleiotropic Effects of Genes for Reduced Height (*Rht*) and Day-Lenght Insensitivity (*Ppd*) on Yield and its Components for Wheat Grown in Middle Europe". *Plant Breeding*, 111, 204-216.
- Borojevic K, Borojevic K. 2005. "The transfer and history of "Reduced height genes" (*Rht*) in wheat from japan to Europe". *Journal of Heredity*, 96 (4): 455-459.
- Byerlee D, Moya P. 1993. "Impacts of International Wheat Breeding Research in Developing World". CIMMYT, Mexico.
- Chen L, Yang Y, Cu C, Lu S, Lu Q, Du Y. 2018. Effects of *Vrn-B1* and *Ppd-D1* on developmental and agronomic traits in *Rht5* dwarf plants of bread wheat. *Field Crops Res.* 219: 24-32.
- Cho EJ, Kang CS, Jung JU, Yoon YM, Park CS. 2015. Allelic variation of *Rht-1*, *Vrn-1* and *Ppd-1* in Korean wheats and its effect on agronomic traits. *Plant Breed. Biotech.* 3: 129-138.
- Deng W, Casao MC, Wang P, Sato K, Hayes PM, Finnegan EJ, Trevaskis B. 2015. Direct links between the vernalization response and other key traits of cereal crops. *Nat. Commun.* 6: 58-82.
- Dubcovsky J, Yan L. 2003. Allelic variation in the promoter of *Ap1*, the candidate gene for *Vrn-1*. In N Pogna, M Romano, E Pogna, G Galterio, eds, Proceedings of the 10th International Wheat Genetics Symposium, Vol 1. Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura, Rome, s: 243-246.
- Ehdaie B, Whitkus RW, Waines JG. 2003. Root Biomass, Water-Use Efficiency, and Performance of Wheat-Rye Translocations of Chromosomes 1 and 2 in Spring Bread Wheat 'Pavon'. *Crop Science*, 43: 710.
- Ellis MH, Spielmeier W, Gale KR, Rebetzke GJ, Richards RA. 2002. 'Perfect' Markers for the *Rht-B1b* and *Rht-D1b* Dwarfing Genes in Wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 105: 1038-1042.
- Evans LT. 1998. Feeding the Ten Billion: Plants and Population Growth. Cambridge University Press.
- Feather JT, Qulset CO, Vogh HE. 1968. Planting depth critical for short statured wheat varieties. *California Agriculture*, 22: 12-13.
- Fu D, Szücs P, Yan L, Helguera M, Skinner JS, Von Zitzewitz J, Hayes PM, Dubcovsky J. 2005. Large deletions within the first intron in *VRN-1* are associated with spring growth habit in barley and wheat. *Molecular Genetics and Genomics*, vol. 273 (1): 54-65.
- Gale MD, Youssefian S. 1985. Dwarfing genes in wheat. In GE Russell, ed, Progress in Plant Breeding. Butterworths, London, 1: 1-35.
- Guo Z, Song Y, Zhou R, Ren Z, Jia, J. 2010. Discovery, evaluation and distribution of haplotypes of the *Ppd-D1* gene. *New Phytol* 185: 841-851.
- Hançer T, Elçi E. 2016. Determination of photoperiod-response gene in some bread wheat varieties by molecular markers. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 33 (3): 39-45.
- Heun M, Fischbeck G. 1987. Identification of wheat powdery mildew resistance genes by analysing host-pathogen interactions. *Plant breed.* 98: 124-129.
- Hoogendoorn J, Pfeiffer WH, Rajaram S, Gale MD. 1988. "Adaptive aspects of dwarfing genes in CIMMYT germplasm". In Proceedings of the Seventh International Wheat Genetics Symposium, Cambridge, UK, July 13-19, 1988. Institute of Plant Science Research, Cambridge, UK, 1: 1093-1100.

- Keyes GJ, Paolillo DJ, Sorrells ME. 1989. The effects of dwarfing genes *Rht1* and *Rht2* on cellular dimensions and rate of leaf elongation in wheat. *Annals of Botany*, 64: 683–690.
- Kutlu İ, Turhan E, Yorgancılar Ö, Yorgancılar A. 2017. Kuraklık Stresinde Buğday Genotiplerinde Verim Komponentleri ve Antioksidan Enzim Metabolizmasında Değişimler. *KSÜ Doğa Bil. Dergisi*, 20: 273–277.
- Law CN, Stuka J, Worland AJ. 1978. A genetic study of daylength response in wheat. *Heredity* 41, 185–191. doi: 10.1038/hdy. s: 1978-1987.
- Longnecker NE, Kirby EJM, Robson AD. 1993. Leaf emergence, tiller growth and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. *Crop Science*, 33: 154–160.
- Lynch JP. 2013. Steep, cheap and deep: an ideotype to optimize water and N acquisition by maize root systems. *Ann. Bot.* 112: 347–357.
- MorenoSevilla B, Baezinger PS, Peterson CF, Graybosch RA, Mcvey DV. 1995. The *T1BL.1RS* Translocation: Agronomic Performance of F3-Derived Lines from a Winter Wheat Cross. *Crop Science*, 35: 1051–1055.
- Nakamura T, Yamamori M, Hirano H, Hidaka S, Nagamine T. 1995. Production of waxy (amylose-free) wheats. *Molecular and General Genetics*, 248: 253–259.
- Okada T, Ridma JEA, Jayasinghe M, Eckermann P, Nathan S, Warner Y, Hendrikse Albertsen M, Wolters P, Fleury D, Baumann, U, Whitford R. 2019. Effects of *Rht-B1* and *Ppd-D1* loci on pollinator traits in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 132: 1965–1979.
- Pumpa J, Martin P, McRae F, Coombes N. 2013. Coleoptile Length of Wheat Varieties. NSW Department of Primary Industries. Australia.
- Richard M, Quijano RR, Bezzate S, Bordon-Pallier, F, Gaillardin C. 2001. Tagging morphogenetic genes by insertional mutagenesis in the yeast *Yarrowia lipolytica*. *J Bacteriol* 183: 3098–107.
- Sayaslan A. 2002. Bench-scale wet-milling of wheat flour: Development of a test to fractionate a highly sheared flourwater dispersion and its comparison with fractionation by the dough-washing test. PhD Dissertation. Manhattan, KS: Kansas State University.
- Sayaslan A. 2004. Wet-milling of wheat flour: Industrial processes and small-scale test methods. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie (Food Science and Technology)*, 37: 499–515.
- Scarth R, Law CN. 1984. The control of day-length response in wheat by the group 2 chromosomes. *Z Pflanzenzücht* 92: 140–150.
- Schlegel R, Meinel A. 1994. A Quantitative Trait Locus (*QTL*) on Chromosome Arm *IRS* of Rye and its Effect on Yield Performance of Hexaploid Wheat. *Cereal Res Comm*, 22: 7–13.
- Seib PA. 2000. Reduced-amylose wheats and Asian noodles. *Cereal Foods World*, 45: 504–512.
- Sharma S, Bhat PR, Ehdai B, Close TJ, Lukaszewski AJ, Waines JG. 2009. Integrated genetic map and genetic analysis of a region associated with root traits on the short arm of rye chromosome 1 in bread wheat. *Theor Appl Genet* 119: 783–793.
- Sharma S, Xu S, Ehdai B, Hoops A, Close TJ, Lukaszewski AJ, Waines JG. 2011. Dissection of QTL effects for root traits using a chromosome arm-specific mapping population in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 122: 759–769.
- Shen Y, Kondoh A, Tang C, Zhang Y, Chen J, Li W, Sakura Y, Liu C, Tanaka T, Shimada J. 2002. Measurement and analysis of evapotranspiration and surface conductance of a wheat canopy. *Hydrological Processes*, 16: 2173–2187.
- Tonkinson CL, Lyndon RF, Arnold GM, Lenton JR. 1997. The effects of temperature and the *Rht3* dwarfing gene on growth, cell extension, and gibberellin content and responsiveness in the wheat leaf. *Journal of Experimental Botany* 48: 963–970.
- Tunca ZŞ, Topal A, Karaduman Y. 2018. Buğdaya Çavdar Kromozom Parçacıklarının Aktarılması. *Journal of Bahri Dagdas Crop Research*, 7 (2): 55–65.
- TÜİK. 2018. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- Voss-Fels KP, Robinson H, Mudge SR, Richard C, Newman S, Wittkop B, Stahl A, Friedt W, Frisch M, Gabur I, Miller-Cooper A, Campbell BC, Kelly A, Fox G, Christopher J, Christopher M, Chenu K, Franckowiak J, Mace ES, Borrell AK, Eagles H, Jordan DR, Botella JR, Hammer G, Godwin ID, Trevaskis B, Snowdon RJ, Hickey LT. 2017. Vernalization1 modulates root system architecture in wheat and barley. *Mol. Plant* 11.
- Worland A. 1996. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats. *Euphytica*, 89: 49–57.
- Worland T and Snape JW. 2001. Genetic basis of worldwide wheat varietal improvement. In: Bonjean AP and Angus WJ. eds. *The World Wheat Book: A history of wheat breeding*. Paris, Lavoisier Publishing. p. 61–67.
- Yamamoto M, Mukai Y. 2005. High-resolution Physical Mapping of the *Secalin-1* Locus of Rye on Extended DNA Fibers. *Cytogenet Genome Res.*, 109: 79–82.
- Yan L, Loukojanov A, Tranquillo G, Helguera M, Fahima T, Dubcovsky J. 2003. Positional cloning of vernalization gene *VRN1*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 100: 6263–6268.
- Yang FP, Zhang XK, Xia XC, Laurie DA, Yang WX, He ZH. 2009. Distribution of the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* allele in Chinese wheat cultivars. *Euphytica*, 3: 445–452.
- Yediay FE, Baloch FS, Kilian B, Özkan H. 2010. Testing of rye-specific markers located on *IRS* chromosome and distribution of *IALRS* and *IBLRS* translocations in Turkish wheat (*Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf.) varieties and landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57: 119–129.
- Zeller FJ, Fuchs E. 1983. Cytologie und Krankheitsresistenz einer *1A/1Rund* mehrerer *1B/1R*-Weizen-Roggen-Translokationssorten. *Z. Pflanzenzüchtg*, 90: 285–296.
- Zhang X, Yang S, Zhou Y, He Z, Xia X. 2006. Distribution of *Rht-B1b*, *Rht-D1b* and *Rht8* Reduced Height Genes in Autumn-Sown Chinese Wheats Detected by Molecular Markers. *Euphytica*, 152: 109–116.
- Zhang XK, Xia XC, Xiao YG, Zhang Y, He ZH. 2008. Allelic variation at the vernalization genes *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1* and *Vrn-B3* in Chinese wheat cultivars and their association with growth habit. *Crop Sci* 48: 458–470.