

آنالیز ارزش نانوائی ارقام گندم نان ایرانی حاوی جابجایی گندم - چاودار (1BL.1RS) با استفاده از نشانگرهای اختصاصی STS

Analysis of bread-making quality of Iranian bread wheat cultivars, containing wheat-rye translocation (1BL.1RS), using STS specific markers

سعید باقری کیا^{۱*}، مریم شاداده^۱، قاسم کریم زاده^۲، محمدهادی پهلوانی^۱

۱- دانش‌آموخته دکتری، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده

تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

Bagherikia S^{*1}, Shadadeh M¹, Karimzadeh G², Pahlevani MH¹

1- PhD Graduated, MSc Graduated, Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

2- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: s.bagherikia@gau.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۳)

چکیده

نقش زیر واحدهای سنگین گلوٹنین در تعیین ارزش نانوائی گندم نان (*Triticum aestivum* L.) موجب شده تا امروزه ارزیابی آن‌ها در پروتئین‌های ذخیره‌ای به یکی از اهداف مهم اصلاحگران تبدیل شود. بازوی کروموزومی 1RS چاودار (*Secale cereale* L.) حاوی ژن‌های مقاومت به آفات و پاتوژن‌ها است و باعث پایداری در عملکرد دانه گندم می‌شود، با این حال بازوی 1RS روی کیفیت نانوائی تأثیر منفی دارد. در تحقیق حاضر امتیاز کیفی تعداد ۱۴ رقم گندم ایرانی حاوی جابجایی کروموزومی گندم - چاودار 1BL.1RS، با استفاده از نه جفت نشانگر اختصاصی STS تعیین شد، سپس به دلیل حضور جابجایی 1BL.1RS، امتیاز کیفی ارقام تصحیح شد. امتیاز کیفی تصحیح شده ارقام بین پنج تا هفت بود. ارقام مغان ۳، آرتا و بک کراس روشن (زمستانه) با امتیاز کیفی تصحیح شده هفت، بالاترین امتیاز و ارقام مهدوی، دز، MV₁₇، شیرودی، ویری ناک، استار و رصد با امتیاز کیفی تصحیح شده پنج، کمترین امتیاز را داشتند. ارقام تجاری گندم نان ایرانی حاوی جابجایی 1BL.1RS با استفاده از زیر واحدهای مطلوب گلوٹنین توانسته‌اند تا حدی اثرات منفی جابجایی 1BL.1RS بر کیفیت آرد را جبران کنند و دارای امتیاز کیفی متوسطی باشند. پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های اصلاحی به حضور احتمالی بازوی کروموزومی 1RS چاودار در ریخته ژنتیکی گندم و تأثیر منفی آن بر کیفیت آرد توجه شود تا مانع از دستیابی به نتایج مثبت کاذب توسط اصلاحگران شود.

واژه‌های کلیدی

جابجایی گندم - چاودار 1BL.1RS

ارزش نانوائی

گلوٹنین

نشانگر STS

گرفته است (Mirzaghaderi et al. 2011; Tabibzadeh et al. 2014; Bagherikia et al. 2013). با این وجود به نظر می‌رسد تا به حال در برنامه‌های اصلاحی گندم در ایران به تاثیر منفی جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.1RS در کیفیت نانوائی توجه نشده است از این رو هدف از این پژوهش تجزیه ارزش نانوائی و تعیین امتیاز کیفی نانوائی ارقام گندم نان ایرانی حاوی جابجایی کروموزومی IBL.1RS با استفاده از نشانگرهای اختصاصی STS بود.

بذور مورد استفاده در این پژوهش شامل دو دسته از مواد ژنتیکی گندم نان، شامل ارقام ایرانی دارای جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.1RS و ارقام شاهد بودند. در مطالعات قبلی ما حضور جابجایی کروموزومی IBL.1RS در ۱۴ رقم گندم نان ایرانی (مهدوی، اترک، دز، فلات، رسول، مغان ۳، Mv17، شیروودی، ویری ناک، آرتا، دریا، بک کراس روشن زمستانه، استار، رصد) تایید شده بود (Bagherikia et al. 2014). تعداد شش رقم گندم نان شامل بهاره چینی (N/۷+۸/۲+۱۲)، تجن (۲*/۱۳+۱۶/۵+۱۰)، داراب ۲ (۲*/۱۷+۱۸/۲+۱۲)، بزوستایا (۲*/۷+۹/۵+۱۰)، مارون (۱/۷+۸/۵+۱۰) و گاسپارد (N/۶+۸/۵+۱۰) نیز با ترکیبات آللی شناخته شده به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. ارقام گندم نان از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. استخراج DNA ژنومی از برگ‌ها با استفاده از روش CTAB با اندکی تغییر انجام شد (Doyle and Doyle 1987). نشانگرهای مورد استفاده در این پژوهش شامل نه جفت نشانگر STS بود که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آمده است. به منظور تمایز زیر واحدهای ۷+۸ و ۶+۸ برخی واکنش‌های PCR شامل پرایمرهای bx7-f/r با ZSBY8F5/R5 و نیز ZSBY8F5/R5 با P5/P6 به‌صورت چندگانه^۲ انجام شد. از آنجایی که تنها حالت ترکیب آلل ۱۷ با آلل ۱۸ (۱۷+۱۸) و تنها حالت ترکیب آلل ۱۶ با آلل ۱۳ (۱۳+۱۶) می‌باشد، تایید هر یک از آلل‌های ۱۷ و ۱۶ به‌ترتیب به منزله وجود ترکیب ۱۷+۱۸ و ۱۳+۱۶ در نظر گرفته شد. واکنش‌های PCR (حجم ۱۵ میکرولیتر) در دستگاه ترموسایکلر دارای شیب دمایی و ساخت شرکت Labcycler (آلمان)، انجام گرفت. واکنش‌های PCR تحت

انتخاب به‌کمک نشانگر برای زیر واحدهای سنگین گلوٹنین (HMW-Gs) ابزار ارزشمندی محسوب می‌شود زیرا که اطلاعات در مورد کیفیت تهیه نان در اولین مراحل اصلاح به‌دست آمده و مانع از گزینش و تولید لاین‌هایی با کیفیت ضعیف می‌شود (Kuchel et al. 2007). گلوٹنین‌ها به‌وسیله ژن‌های کروموزوم‌های همیولوگ گروه یک کد می‌شوند (Jin et al. 2013). اگرچه زیر واحدهای سنگین گلوٹنین سهم کمتری از پروتئین‌های ذخیره‌ای را تشکیل می‌دهند با این حال تاثیر بیش‌تری روی کیفیت نانوائی می‌گذارند (Payne 1987; Tohver 2007). هر مکان ژنی شامل دو آلل است، یک آلل (X) زیر واحد با حرکت کندتر را کنترل می‌کند و آلل دیگر (Y) زیر واحدی که حرکت سریع‌تری دارد را کنترل می‌کند (Shewry and Halford 2002). گندم‌هایی با جابجایی IBL.1RS حاوی ژن‌های مقاومت به بیماری‌های زنگ قهوه‌ای (*Puccinia triticina*) زنگ سیاه (*Puccinia graminis*) زنگ زرد (*Puccinia striiformis*) و سفیدک پودری (*Erysiphe graminis* DC) می‌باشند (Rabinovich 1998). علاوه بر مقاومت به بیماری‌ها این جابجایی باعث افزایش عملکرد دانه، افزایش وزن بذر و زیست‌توده می‌شود (Trubacheeva et al. 2011). با این حال بازوی IRS به‌دلیل حضور ژن *Sec-1* باعث کاهش کیفیت آرد گندم می‌شود تولید خمیر چسبنده، تحمل پایین در مقابل مخلوط شدن، سفتی خمیر، حجم کم رسوب SDS^۱ و حجم کم قرص نان از اثرات آن است (Graybosch et al. 1999; Zheng et al. 2009). امکان تعیین ارزش کیفی هر رقم بر اساس تاثیر هر آلل بر ترکیب آللی در لاین‌های ایزوژن ابداع شده‌است و به‌دلیل اثر افزایشی آلل‌ها می‌توان مجموع امتیازات را برای ارزیابی امتیاز کیفیت یک ژنوتیپ محاسبه نمود (Payne et al. 1987). همچنین برای محاسبه اثر منفی جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.1RS روی کیفیت نانوائی، امتیاز کیفی محاسبه شده تصحیح می‌شود (Payne et al. 1987). در ایران در سال‌های اخیر مطالعاتی درباره شناسایی ارقام گندم نان ایرانی با جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.1RS انجام شده‌است که در طی آن ۸۶ رقم گندم ایرانی (عمدتاً ارقام تجاری) مورد ارزیابی قرار گرفته و حضور جابجایی IBL.1RS در ۱۴ رقم مورد تایید قرار

² Multiplex PCR¹ Sodium dodecyl sulfate sedimentation

زیرا گزارشات متعددی در مورد کیفیت گندم‌های ایرانی (ارقام تجاری، لاین‌ها و توده‌های بومی) بر اساس زیرواحدهای سنگین گلوٲنین وجود دارد (Sadeghzadeh et al. 2002; Fatehi et al. 2008; Nikooseresht et al. 2009; Haghparast et al. 2009; Izadi-Darbandi et al. 2010; Najafian and Baghaie 2011; Keyhani et al. 2015; Mirniyam et al. 2017). اما در هیچ یک از آن‌ها به احتمال حضور بازوی IRS اشاره‌ای نشده‌است تنها در گزارش Mehrazar et al. (2014) به‌منظور غربالگری نتاج نسل F_2 حاصل از تلاقی‌های اقلیم معتدل کشور جهت شناسایی آلل‌های * 2 ، $17+18$ و $5+10$ ، احتمال حضور بازوی IRS مورد آزمون قرار گرفت که البته هیچ یک از ارقام حاوی جابجایی‌های کروموزومی گندم-چاودار نبودند. در برنامه‌های اصلاحی برخی کشورها به‌خاطر حضور آگاهانه بازوی IRS در ارقام مورد نظر به تاثیر منفی آن در کیفیت نانوائی به‌صورت جدی توجه شده است (Peña et al. 1990; Liu et al. 2005; Liang et al. 2010; Costa et al. 2013) به‌طوری که اثر منفی جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.IRS بر امتیاز کیفی ارقام لحاظ می‌شود و تحت عنوان امتیاز کیفی تصحیح شده به‌علت حضور جابجایی IBL.IRS گزارش می‌شود (Payne et al. 1987). در این پژوهش امتیاز کیفی تصحیح شده در ارقام بین پنج تا هفت مشاهده شد (جدول ۳). ارقام مغان ۳، آرتا و بک کراس روشن (زمستانه) دارای بیشترین امتیاز کیفی تصحیح شده بودند (امتیاز هفت). کمترین امتیاز کیفی تصحیح شده (امتیاز پنج) نیز در ارقام مهدوی، دز، MV_{17} ، شیرودی، ویری ناک، استار و رصد مشاهده شد (جدول ۳). هدف اصلاحگران، کاهش اثرات کیفیت نامطلوب به‌همراه داشتن مزایای بازوی IRS است. اثرات منفی جابجایی IBL.IRS بر کیفیت نهایی آرد با استفاده از زیر واحدهای مطلوب‌تر گلوٲنین می‌تواند جبران شود (Graybosch 2001). ترکیبات زیر واحدهای ۱ و * 2 در مکان ژنی *Glu-A1* زیر واحدهای $7+8$ ، $17+18$ و $13+16$ در مکان ژنی *Glu-B1* و زیر واحد $5+10$ در مکان ژنی *Glu-D1* با حداکثر امتیاز کیفی می‌تواند کمبود کیفیت را جبران کنند و لاین حامل IRS از میزان گلوٲن و قدرت توسعه متوسط برخوردار باشد (Gupta and Shepherd 1992). نتایج این آزمایش نشان داد در ارقام تجاری گندم نان ایرانی که حاوی جابجایی IBL.IRS هستند، ۱۰۰ درصد آلل‌ها

شرایط دمایی ۹۵ درجه سلسیوس برای واشرشت‌سازی ابتدایی به مدت پنج دقیقه و به دنبال آن ۳۵ چرخه شامل واشرشت‌سازی در ۹۴ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه، اتصال نشانگرها در دامنه دمایی ۵۵ تا ۶۴ درجه سلسیوس (بسته به نشانگر، جدول ۱) به مدت ۴۵ ثانیه، بسط نشانگرها در ۷۲ درجه سلسیوس در مدت ۳۰ ثانیه تا دو دقیقه (بسته به طول تکثیر) انجام شد و در نهایت بسط نهایی در ۷۲ درجه سلسیوس به مدت پنج دقیقه انجام گرفت. فرآورده‌های PCR روی ژل آگارز ۱/۴ درصد الکتروفورز شدند و سپس با اشعه UV قابل رویت شدند. ارزش کیفی هر رقم بر اساس ترکیبات آللی زیر واحدها (جدول ۲) و تصحیح امتیازات به‌علت حضور جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.IRS بر اساس روش Payne et al. (1987) تعیین شد؛ بر این اساس در بازه‌های امتیاز کیفی ۱۰-۸، ۷-۵ و ۴-۳ به ترتیب ۳، ۲ و ۱ امتیاز به‌عنوان تصحیح از امتیاز کیفی کل کسر می‌شود.

نتایج حاصل از الکتروفورز واکنش زنجیره‌ای پلیمرز برای نه جفت نشانگر STS مورد بررسی در این تحقیق، به‌منظور تشخیص زیرواحدهای مختلف گلوٲنین سنگین در ژنوتیپ‌ها در جدول ۳ تنظیم شده‌است. این نتایج نشان دهنده تنوع ژنتیکی ارقام مورد مطالعه برای آلل‌های مرتبط با کیفیت نانوائی است. امتیاز کیفی (تصحیح نشده) ارقام بین هفت تا ۱۰ محاسبه شد (جدول ۳)، از آنجایی که ارقام مورد مطالعه از ارقام تجاری ایران بودند و در معرفی ارقام، کیفیت نانوائی به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم لحاظ می‌شود، مشاهده این امتیاز بالا دور از انتظار نبود. ارقام مورد مطالعه در این آزمایش حاوی جابجایی کروموزومی گندم-چاودار IBL.IRS بودند. بازوی IRS علاوه بر ژن‌های مقاومت به آفات و پاتوژن‌ها، حامل ژن‌های مفید زراعی دیگری برای عملکرد، پایداری عملکرد و سازگاری است (Kim et al. 2004)، به همین دلیل از بازوی IRS چاودار به‌صورت گسترده‌ای در برنامه‌های اصلاحی جهان استفاده می‌شود (Graybosch 2001). حضور بازوی IRS در ارقام تجاری ایرانی احتمالاً به صورت آگاهانه نبوده است و گزینش ارقام حاوی IRS، ناشی از گزینش غیر مستقیم برای عملکرد بالا و مقاومت به پاتوژن و آفات بوده است. به‌نظر می‌رسد به اثرات منفی آن بر کیفیت نیز توجه نشده‌است.

معرفی ارقام جدید نیاز است که علاوه بر توجه به معیارهای کیفی از جمله زیر واحدهای گلوٹنین سنگین و درصد پروتئین دانه، احتمال حضور بازوی کروموزومی چاودار در ریخته ژنتیکی گندم نیز در نظر گرفته شود. بنابراین جهت جلوگیری از دستیابی به نتایج مثبت کاذب^۱، توجه به این امر در برنامه‌های اصلاحی گندم ایران ضروری به نظر می‌رسد.

در مکان ژنی *Glu-A1*، ۵۷ درصد آلل‌ها در مکان ژنی *Glu-B1* و ۵۷ درصد آلل‌ها در مکان ژنی *Glu-D1* دارای حداکثر امتیاز کیفی در مکان ژنی مربوطه هستند (شکل ۱) همین امر باعث شده است ارقام گندم نان ایرانی که حاوی جابجایی 1BL.1RS است امتیاز کیفی متوسطی باشند (جدول ۳). جابجایی 1BL.1RS به‌طور معنی‌داری باعث کاهش حجم رسوب SDS، کاهش خاصیت ژلاتینی نشاسته و کاهش استحکام و چسبندگی خمیر شده‌است (Zheng et al. 2009; Oak and Tamhankar 2017).

¹ False positive

جدول ۱- مشخصات نشانگرهای مورد استفاده در پژوهش حاضر

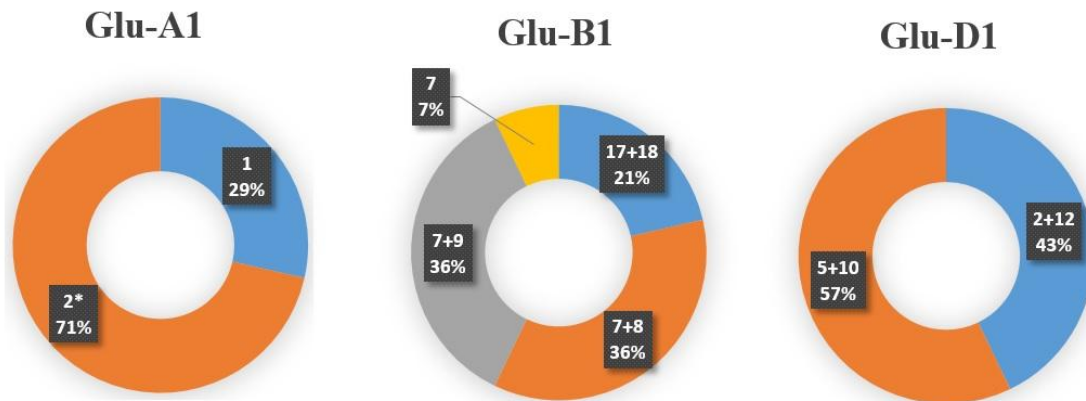
نام نشانگر	توالی (۵'→۳')	طول باند و آلل تکثیر شده	دمای اتصال (°C)	منبع
UMN19	F: CGAGACAATATGAGCAGCAAG R: CTGCCATGGAGAAGTTGGA	Ax1 (362 bp) Ax2 (344 bp) Ax-null (Null)	59.5	Liu et al. (2008)
Bx	F: CGCAACAGCCAGGACAATT R: AGAGTTCTATCACTGCCTGGT	(669 bp) Bx17 nonBx17 (Null)	58	Ma et al. (2003)
ZSBy9aF1/ R3	F: TTCTCTGCATCAGTCAGGA R: AGAGAAGCTGTGTAATGCC	By9 (662 bp) nonBx9 (707 bp)	55.2	Lie et al. (2006)
bx7-f/r	F: CACTGAGATGGCTAAGCGCC R: GCCTTGGACGGCACCACAAGG	Bx6 (321 bp) nonBx6 (Null)	64	Schwarz et al. (2004)
ZSBy8F5/R 5	R: TTAGCGCTAAGTGCCGTCT R: TTGTCTATTGCTGCCCTT	By8 (527 bp) non By8 (Null)	64	Lei et al. (2006)
ZSBy9F2/R 2	F: GCAGTACCAGCTTCTCAA R: CCTGTCTTGTGTTGTTGCC	By16 (3 fragment) non By16 (Null)	62	Lei et al. (2006)
P5 /P6	F: ATGGCTAAGCGCCTGGTCCT R: TGCCTGGTCGACAATGCGTGCCTG	Bx7 (2373 bp) non Bx7 (Null)	64	Anderson and Greene (1989)
P3 /P4	F: GTTGGCCGGTTCGGCTGCCATG R: TGGAGAAGTTGGATAGTACC	Dy10 (576 bp) Dy12 (612)	63.5	Smith et al. (1994)
P1 /P2	F: GCCTAGCAAACCTTCACAATC R: GAAACCTGCTGCGGACAAG	Dx5 (450 bp) Dx2 (Null)	63	Anderson et al. (1989)

جدول ۲- امتیازهای کیفی مربوط به زیرواحدهای موجود در هر مکان ژنی

مکان ژنی مربوطه	امتیاز کیفی	زیرواحدها
	۳	۱
<i>Glu-A1</i>	۳	۲*
	۱	نول (N)
	۳	۷+۸
	۳	۱۷+۱۸
<i>Glu-B1</i>	۳	۱۳+۱۶
	۲	۷+۹
	۱	۶+۸
	۱	۷
	۴	۵+۱۰
<i>Glu-D1</i>	۲	۲+۱۲

جدول ۳- زیرواحدهای گلوٹنین سنگین، امتیازهای کیفی تصحیح نشده و تصحیح شده ارقام گندم نان ایرانی

رقم	مکان ژنی					امتیاز کیفی تصحیح نشده	مقدار تصحیح به علت حضور IBL, IRS	امتیاز کیفی تصحیح شده
	1Ax	1Bx	1By	1Dx	1Dy			
مهدوی	۱	۱۷	۱۸	۲	۱۲	۸	-۳	۵
اترک	۲°	۷	۹	۵	۱۰	۹	-۳	۶
دز	۲°	۱۷	۱۸	۲	۱۲	۸	-۳	۵
فلات	۱	۷	۹	۵	۱۰	۹	-۳	۶
رسول	۱	۷	۹	۵	۱۰	۹	-۳	۶
مغان ۳	۲°	۷	۸	۵	۱۰	۱۰	-۳	۷
MV ₁₇	۲°	۷	۹	۲	۱۲	۷	-۲	۵
شیرودی	۱	۷		۵	۱۰	۸	-۳	۵
ویری ناک	۲°	۱۷	۱۸	۲	۱۲	۸	-۳	۵
آرتا	۲°	۷	۸	۵	۱۰	۱۰	-۳	۷
دریا	۲°	۷	۹	۵	۱۰	۹	-۳	۶
بک کراس روشن (زمستانه)	۲°	۷	۸	۵	۱۰	۱۰	-۳	۷
استار	۲°	۷	۸	۲	۱۲	۸	-۳	۵
رصد	۲°	۷	۸	۲	۱۲	۸	-۳	۵

شکل ۱- فراوانی آلی و تنوع ژنتیکی در زیرواحدهای گلوٹنین سنگین در مکانهای ژنی *Glu-1* در ارقام تجاری گندم نان ایرانی حاوی جابجایی IBL, IRS

منابع

Anderson O, Greene F (1989) The characterization and comparative analysis of high-molecular-weight glutenin genes from genomes A and B of a hexaploid bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 77:689-700.

Anderson OD, Greene FC, Yip RE, Halford NG, Shewry PR, Malpica-Romero J-M (1989) Nucleotide sequences of the two high-molecular-weight glutenin genes from the D-genome of a hexaploid bread wheat, *Triticum aestivum* L. cv Cheyenne. *Nucleic Acids Research* 17:461-462.

Bagherikia S, Karimzadeh G, Naghavi MR (2014) Distribution of 1AL,IRS and 1BL,IRS wheat-rye translocations in *Triticum aestivum* using specific PCR. *Biochemical Systematics and Ecology* 55:20-26.

Costa MS, Scholz MBdS, Franco CML (2013) Effect of high and low molecular weight glutenin subunits, and subunits of gliadin on physicochemical parameters of

different wheat genotypes. *Food Science and Technology (Campinas)* 33:163-170.

Doyle JJ, Doyle JL (1987) A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19:11-15.

Fatehi F, Maleki M, Salavati A, Bihanta MR, Zali AA, Hossein Zadeh AH (2008) The relationship between glutenin subunit of high molecular weight and baking quality of wheat bread. *Iranian Journal of Agriculture Science* 39: 43-52. (In Farsi).

Graybosch R, Peterson C, Chung O (1999) Quality Effects of Rye (*Secale cereale* L.) Chromosome Arm 1RL Transferred to Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science* 29:211-216.

- Graybosch RA (2001) Mini Review: Uneasy unions: Quality effects of rye chromatin transfers to wheat. *Journal of Cereal Science* 33:3-16.
- Gupta R, Shepherd K (1992) Identification of rye chromosome 1R translocations and substitutions in hexaploid wheats using storage proteins as genetic markers. *Plant Breeding* 109:130-140.
- Haghparast R, Rajabi R, Najafian G, Rashmeh Karim K, Aghaee Sarbarzeh M (2009) Evaluation of indices related to grain quality in advanced bread wheat genotypes under rainfed conditions. *Seed and Plant Improvement Journal* 25: 315-328. (In Farsi).
- Izadi Darbandi A, Yazdi Samadi B, Shanejat Boushehri AA, Mohammadi M (2010) Allelic variations in Glu-1 and Glu-3 loci of historical and modern Iranian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Journal of Genetics* 89: 193-199.
- Jin H, Zhang Y, Li G, Mu P, Fan Z, Xia X, He Z (2013) Effects of allelic variation of HMW-GS and LMW-GS on mixograph properties and Chinese noodle and steamed bread qualities in a set of Aroona near-isogenic wheat lines. *Journal of Cereal Science* 57:146-152.
- Keyhani T, Shahnejat-Bushehri AA, Naghavi MR (2015) Molecular study of high molecular weight glutenin subunits in Iranian wheat. *Modern Genetics Journal* 40: 99-106. (In Farsi).
- Kim W, Johnson J, Baenziger P, Lukaszewski A, Gaines C (2004) Agronomic effect of wheat-rye translocation carrying rye chromatin (1R) from different sources. *Crop Science* 44:1254-1258.
- Kuchel H, Fox R, Reinheimer J, Mosionek L, Willey N, Bariana H, Jefferies S (2007) The successful application of a marker-assisted wheat breeding strategy. *Molecular Breeding* 20:295-308.
- Lei Z, Gale K, He Z, Gianibelli C, Larroque O, Xia X, Butow B, Ma W (2006) Y-type gene specific markers for enhanced discrimination of high-molecular weight glutenin alleles at the Glu-B1 locus in hexaploid wheat. *Journal of Cereal Science* 43:94-101.
- Liang D, Tang J, Peña RJ, Singh R, He X, Shen X, Yao D, Xia X, He Z (2010) Characterization of CIMMYT bread wheats for high-and low-molecular weight glutenin subunits and other quality-related genes with SDS-PAGE, RP-HPLC and molecular markers. *Euphytica* 172:235-250.
- Liu L, He Z, Yan J, Zhang Y, Xia X, Peña RJ (2005) Allelic variation at the Glu-1 and Glu-3 loci, presence of the 1B. 1R translocation, and their effects on mixographic properties in Chinese bread wheats. *Euphytica* 142:197-204.
- Liu S, Chao S, Anderson JA (2008) New DNA markers for high molecular weight glutenin subunits in wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 118:177-183.
- Ma W, Zhang W, Gale K (2003) Multiplex-PCR typing of high molecular weight glutenin alleles in wheat. *Euphytica* 134:51-60.
- Mehrazar E, Izadi-Darbandi A, Mohammadi M, Najafian ,G (2014) Marker assisted selection (MAS) for bread making quality in segregating generations of common wheat. *Journal of Crop Breeding* 14:84-95. (In Farsi).
- Mirniyam G, Ebrahimi M, Izadi Darbandi A, Ramshini H , Abdipour M (2017) Molecular study of high molecular weight glutenin subunits in tetraploid and hexaploid Iranian wheat landraces. *Modern Genetics Journal* 47:499-507. (In Farsi).
- Mirzaghaderi G, Zeinali G, Rafiepour M, Karimzadeh G (2011) Wheat-rye translocation in Iranian bread wheat cultivars and their ion distribution in response to salinity stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13:1163-1172.
- Najafian G, Baghaie N (2011) Genetic variation in high molecular weight glutenin subunits in parental lines and cultivars of wheat used in breeding programs of cold and temperate agro climatic zones of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal* 27: 305-322. (In Farsi).
- Nikooseresht R, Najafian G, Mirfakhrai R GH, Dehghani H (2009) Evaluation of bread making quality of wheat using SDS sedimentation volume and high molecular weight glutenin subunits. *Seed and Plant Improvement Journal* 25: 373-383. (In Farsi).
- Oak MD, Tamhankar SA (2017) 1BL.1RS translocation in durum wheat and its effect on end use quality traits. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* 26:91-96.
- Payne PI (1987) Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. *Annual Review of Plant Physiology* 38:141-153.
- Payne PI, Nightingale MA, Krattiger AF, Holt LM (1987) The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 40:51-65.
- Peña RJ, Amaya A, Rajaram S, Mujeeb-Kazi A (1990) Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats. *Journal of Cereal Science* 12:105-112.
- Rabinovich S (1998) Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivars of *Triticum aestivum* L. In: *Wheat: Prospects for Global Improvement*: Springer Netherlands Press, The Netherlands pp. 401-418.
- Sadeghzadeh B, Ghannadha MR, Ahmadian Tehrani P, Abdmishani S, Seied Tabatabaei BE (2002) Determination of relationship between HMW-GS and wheat baking quality through Electrophoresis. *Iranian Journal of Agricultural Science* 33: 535-542. (In Farsi).
- Schwarz G, Felsenstein F, Wenzel G (2004) Development and validation of a PCR-based marker assay for negative selection of the HMW glutenin allele Glu-B1-1d (Bx-6) in wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 109:1064-1069.
- Shewry PR, Halford NG (2002) Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany* 53:947-958.
- Smith RL, Schweder M, Barnett R (1994) Identification of glutenin alleles in wheat and triticale using PCR-generated DNA markers. *Crop Science* 34:1373-1378.

Tabibzadeh N, Karimzadeh G, Naghavi M (2013) Distribution of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat-rye translocations in Iranian wheat, using PCR based markers and SDS-PAGE. *Cereal Research Communications* 41:458-467.

Tohver M (2007) High molecular weight (HMW) glutenin subunit composition of some Nordic and Middle European wheats. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54:67-81.

Trubacheeva N, Rosseeva L, Belan I, Osadchaya T, Kravtsova L, Kolmakov YV, Blokhina N, Pershina L

(2011) Characteristics of common wheat cultivars of West Siberia carrying the wheat-rye 1RS.1BL translocation. *Russian Journal of Genetics* 47:13-18.

Zheng S, Byrne PF, Bai G, Shan X, Reid SD, Haley SD, Seabourn BW (2009) Association analysis reveals effects of wheat glutenin alleles and rye translocations on dough-mixing properties. *Journal of Cereal Science* 50:283-290.