

توزیع آللی برخی از ژن‌های مؤثر در پاکوتاهی ارقام و لاین‌های گندم (Triticum aestivum L.) ایران

^٤ سید حمید رضا رمضانی^١، حبیب الله قزوینی^٢، محمد رضا حلال کمالی^٣ و الیاس آرزمجو^٤

- ۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، آموزشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند، (نویسنده مسouل: hrramazani@birjand.ac.ir)

۲- دادشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

۳- محقق رشد برنامه جهانی اصلاح گندم، مرکز تحقیقات بین المللی اصلاح گندم و ذرت (سمیت)، کرج

۴- محقق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند

چکیدہ

یکی از اصلی ترین استراتژی های بهبود مقاومت به خواهدگی، کودپذیری و به دنبال آن افزایش عملکرد گندم، کاهش ارتفاع گیاه از طریق ژن های پاکوتاهی است. در ایران همراه با سایر نقاط دنیا با معرفی و آزادسازی ارقام جدید این ژن ها در ارقام وارد شده اند. جهت بررسی تنوع الی دو ژن اصلی پاکوتاهی (*Rht-D1* و *Rht-B1*) و اثرات آن ها بر صفات ظاهری در رقم ۹۸ اصلاح شده گندم ایران، آزمایش مزرعه ای و مولکولی طرح ریزی شد که در آن از آغازگر اختصاصی STS-PCR استفاده شد. همبستگی صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ نهایی در ساقه اصلی، طول سنبله و تعداد روز تا گلدهی با آل های پاکوتاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین درصد ترکیب الی مربوط به *Rht B1-b/Rht D1-a* با فراوانی ۶۶/۳۳ درصد بود. همچنین ۸۲/۶۵ درصد ارتفاع حداقل دارای یکی از آل های پاکوتاهی بودند که نمایانگر وجود ژن های پاکوتاهی در ارقام ایرانی می باشد. فقط صفت ارتفاع بیوته همبستگی منفی و معنی داری ($r = -0.571^{**}$) با آل های پاکوتاهی نشان داد. نتایج حاصله از تجزیه خوش‌آمدی، ژنتیک پهلوهای موردن بررسی را در ۳ گروه مجزا قرار داد. گروه اول بیشتر دارای ژنتیک *Rht B1-b/Rht D1-a* گروه دوم دارای ژنتیک *Rht B1-a/Rht D1-b* و گروه سوم دارای ژنتیک *Rht B1-a/Rht D1-a* بودند. استفاده مناسب از این ژن ها در برنامه های اصلاحی می-
تواند در بهبود مقاومت به ورس و افزایش عملکرد در گندم مؤثر باشد.

روازهای کلیدی: ارتفاع، تنوع آلتی، خواهدگی، زن Rht

مقدمة

در طول زمان، اصلاح‌نباتات و بهبود شیوه‌های زراعی به طور قابل توجهی افزایش عملکرد گندم را در سراسر جهان بیجاد نموده است. در دهه ۱۹۶۰ میلادی، نورمن بورلگر^۱ نیز پاکوتاهی را به ارقام گندم بهاره مکزیکی وارد کرد که باعث کوتاه‌تر شدن ارquam همراه با کودپذیری بیشتر گردید که به دنبال آن افزایش قابل توجهی در عملکرد دانه مشاهده گردید.^(۲) بهبود ژنتیکی از طریق اصلاح سنتی تقریباً نیمی از افزایش عملکرد گندم در طول قرن گذشته را باعث شده^(۳)، که قسمت اعظم آن افزایش عملکرد با معرفی ارقام پاکوتاه موجود آمده است. مطالعات افزایش بهبود ژنتیکی عملکرد در سراسر جهان افزایشی را از $0/۴۴$ تا $1/۳$ درصد (بطور متوسط ۱ درصد) در سال را در توده‌های پابلند نشان می‌دهد.^(۴) بنابراین جهت تقویت درست نرخ واقعی افزایش، بایستی بعد از تاریخ معرفی این ژن‌ها به ارقام، این نرخ افزایش گزارش شود.

استفاده از ژن *Rht* (کاهش دهنده ارتفاع گیاه) یکی از صلی ترین استراتژی ها برای کاهش ارتفاع بوده و سبب بهبود مقاومت به خواییدگی و افزایش عملکرد ارquam جدید گندم شده است. در حال حاضر، ۲۱ ژن که اثرات پایداری را روی ارتفاع گندم دارند، شناسایی شده اند (۱۸). این ژن ها به ۲ گروه تقسیم بندی می شوند: حساس و غیرحساس. که بستگی به پاسخ آنها به اسید جیبریلیک (GA) محیط دارد. آل های *Rht-D1b* و *Rht-B1b* غیرحساس به اسید جیبریلیک بوده و موجب کاهش ارتفاع می شوند (۲۶، ۱۴) و به ترتیب روی

نمونه در آزمایشگاه مولکولی مرکز تحقیقات بین‌المللی گندم و ذرت مکزیک انجام گرفت. واکنش زنجیره‌ای پلیمراز در حجم ۲۰ میکرولیتر برای هر واکنش با استفاده از بافر PCR (X)، آغازگرهای مورد نظر برای هر ژن یا بلوک ژنی ۲۰۰ (۰۰۰ میکرومولار از هر کدام)، آنزیم تگ پلیمراز (۱ واحد، دزوکسی نوکلئوتیدها (۲۰ میکرومولار)، کلرید منزیم ۲ میلی‌مولار و دی‌ان‌ای (۵۰ نانوگرم) انجام شد (جدول ۲).

تولی آغازگرهای مورد استفاده برای هر یک از آلل‌های مورد بررسی در جدول ۲ رایه شده است. الکتروفورز محصول PCR از طریق ژل آگارز ۱٪ انجام و نوارهای مربوطه توسط ماده اتیدیوم بروماید رنگ‌آمیزی و توسط اشعه UV عکس‌برداری شدند. در نهایت نمره‌دهی آلل‌ها توسط مقایسه با نشانگر وزنی به صورت صفر (عدم وجود نوار) و یک (وجود نوار) انجام گرفت. برای به دست آوردن درصد فراوانی ارقام و آلل‌ها تعداد هر کدام به تعداد کل ارقام تقسیم و درصد ضرب شد. فراوانی آلی هر آلل از تقسیم فراوانی آن آلل در کل ژنتوتیپ‌های مورد مطالعه بدست آمد.

علاوه بر صفت ارتفاع بوته و عملکرد دانه، صفات مورفو‌فیزیکی دیگری از قبیل تعداد روز تا ظهر سنبله، تعداد نهایی برگ در ساقه اصلی، طول سنبله در زمان رسیدگی و طول آخرین میانگرۀ در ارقام و لاین‌های مورد بررسی یادداشت‌برداری شد و اثر ترکیب آلل‌های پاکوتاهی بر این صفات مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق همچنین اثرات ترکیب آلی بر صفات عملکرد دانه، تعداد برگ نهایی، ارتفاع بوته، طول سنبله، طول آخرین میانگرۀ و تعداد روز تا گلدهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج توسط نرم‌افزار SAS- 9.1 تجزیه گردید (۲۴).

برای تجزیه خوش‌های با استفاده از صفات مورد بررسی، از معیار مربع فاصله اقلیدسی و به روش وارد انجام شد. دندروگرام تجزیه خوش‌های با استفاده از نرم‌افزار SPSS-16 رسم گردید. نتایج حاصل از تجزیه خوش‌های با تجزیه تابع تشخیص مورد بررسی قرار گرفت و خط برش بر این اساس انتخاب شد (۱۶).

نتایج و بحث

ارتفاع بوته در ژنتوتیپ‌های مورد بررسی از ۵۲/۳۰ تا ۱۱۰/۴۰ سانتی‌متر با میانگین ۷۶/۳۱ متغیر بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع مربوط به ارقام روش و طبی (با ۱۱۰/۴ و ۱۰۸/۷ سانتی‌متر) با آلل مشابه در هر دو مکان ژنی مورد مطالعه (RhtB1-a/RhtD1-a) یا به اختصار (aa) و کمترین آن در ارقام دز، آریا و دنا (به ترتیب با ۵۲/۳۰، ۵۴/۳۰ و ۵۴/۳۰ سانتی‌متر) با ترکیب آلی (RhtB1-b/RhtD1-a) (یا به اختصار (ba مشاهده شد (جدول ۳).

کشورهای روسیه، اوکراین، مولداوی، ازبکستان، قرقیزستان، آذربایجان و ارمنستان استفاده می‌گردد (۱۰). این ارقام دارای پتانسیل تولید بالا، مقاومت به ورس، پنجه‌زنی بیشتر و شاخص برداشت بالا هستند.

تعویض آلل‌های غیرحساسیت به اسید جیبریلیک Rht-B1b و Rht-D1b با آلل‌های حساسیت به اسید جیبریلیک نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه بدون تعییر محسوس در بنیه گیاهچه می‌باشد (۱۱).

علاوه بر ژن Rht8، جایگاه‌های اصلی دیگری برای ژن‌های پاکوتاهی مرتبط با اسید جیبریلیک (مانند Rht4 Rht13، Rht12، Rht5 و Rht18) وجود دارند که کاهش ارتفاع ۵۰ درصدی را نسبت به والدین ایجاد می‌کنند (۱۲، ۱۱)، اما به نظر می‌رسد اثرات این ژن‌ها بر روی طول کلثوبیتل و اندازه برگ در مرحله گیاهچه زیاد نیست (۱۱). تا امروز اطلاعات کمی در مورد بررسی بهبود پتانسیل عملکرد بوسیله این مکان‌های ژنی یا اثرات آن‌ها بر صفات مهم زراعی به دست آمده است (۱۱). دریکوند و همکاران (۱۰) با بررسی ژنتیکی برخی صفات مورفو‌فیزیولوژیک از جمله ارتفاع بوته در لاین‌های گندم نان در شرایط دیم با استفاده از روش تلاقی دی‌آل، نتیجه گرفتند که ژن‌های کنترل‌کننده این صفت دارای اثر افزایشی بوده که میان بازده بالای انتخاب برای صفت ارتفاع بوته در بین ژنتوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد.

هدف از انجام این پژوهش تعیین پراکندگی ترکیب آللی RhtB/RhtD در ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم ایرانی و بررسی ارتباط این ترکیب آلی با تعدادی صفات مورفو‌فیزیک گندم بود. همچنین گروه‌بندی و تعیین نوع موجود در بین این ژنتوتیپ‌ها می‌تواند منجر به معرفی گروه‌های برتر از لحاظ صفات مورد بررسی شده و ضمن حصول اطلاعات مربوط به پراکندگی آلل‌های پاکوتاهی در ژنتوتیپ‌های ایرانی گندم می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی بهبود مقاومت به ورس و افزایش عملکرد در گندم مؤثر باشد و امکان انتخاب ژنتوتیپ‌های برتر را ایجاد کند.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ت نوع آلی ژن‌های مؤثر در پاکوتاهی شامل Rht-B و Rht-D (جدول ۱) در ۹۸ رقم و لاین امیدبخش گندم که دارای اهمیت اقتصادی بوده و سطح زیر کشت زیادی داشتند، مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش به صورت سیستماتیک با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوی کشت شد. بذور هر ژنتوتیپ در یک ردیف یک و نیم متری با ۵۰ بوته کشت گردیدند. عملیات متدالول داشت مزرعه از قبیل وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات و آبیاری در سطح مزرعه‌ی آزمایشی انجام شد. تجزیه‌های مولکولی آزمایش، با ارسال

جدول ۱- خصوصیات ژن‌ها و آلل‌های مؤثر در کاهش ارتفاع در گندم

Table 1. Characteristics of effective genes and alleles on reducing of wheat height

منع	نوع اثر بر ارتفاع	چند شکلی	نشانگر	آل	کروموزوم	Gene
Ellis <i>et al.</i> , 2002	نوع وحشی	پا بلند	RhtB1_SNP	a b	4B-s	<i>Rht-B1 (Rht1)</i>
	موتانت	پا کوتاه				
Ellis <i>et al.</i> , 2002	نوع وحشی	پا بلند	RhtD1_SNP	a b	4D-s	<i>Rht-D1 (Rht2)</i>
	موتانت	پا کوتاه				

جدول ۲- مشخصات آغازگرهای بکار رفته در آزمایش

Table 2. The description of primers that used in this experiment

طول (bp)	دما اتصال (°C)	توالی آغازگر (5'-3')	آغازگر	نوع آلل
۲۲۷	۵۲	BF: GGTAGGGAGGCAGAGGCGAG	BF-WR1	<i>Rht-B1a</i>
		WR1: CATCCCCATGCCATCTCGAGCTG		
۲۲۷	۵۲	F: CCAGATACACAACTGCTGGC R: TGATCTTGAAGGTTCTCGTCG	BF-MR1	<i>Rht-B1b</i>
۲۵۴	۵۴	DF2: GGCAAGCAAAAGCTTCGCG	DF2-WR2	<i>Rht-D1a</i>
		WR2: GGCCATCTCGAGCTGCAC		
۲۵۴	۵۴	DF: CGCGCAATTATTGCCAGAGATAG	DF-MR2	<i>Rht-D1b</i>
		MR2: CCCCATGCCATCTCGAGCTGCTA		

طول سنبله ژنتیپ‌ها از ۵/۰۰ تا ۸/۶۷ سانتی‌متر با میانگین ۶/۵۲ متغیر بود (جدول ۳). بلندترین طول سنبله مربوط به رقم زمستانه گاسپاراد (با ۸/۶۷ سانتی‌متر) با ترکیب آللی ab و کمترین آن در رقم کرخه (به میزان ۵/۰۰ سانتی‌متر) با ترکیب آللی (ba) مشاهده شد (جدول ۳).

تعداد روز تا گلدھی ژنتیپ‌ها از ۱۱۵/۶۷ تا ۹۰/۶۷ روز با میانگین ۹۷/۴۹ متغیر بود (جدول ۳). بیشترین تعداد روز تا گلدھی مربوط به ارقام زمستانه رصد، اوحدی و کرج ۳ (به ترتیب با ۱۱۵/۶۷، ۱۰۹/۶۷ و ۱۰۹/۰۰ روز) بود که ترکیب آللی آن‌ها در این دو مکان به صورت aa بود. کمترین تعداد روز تا گلدھی مربوط به ارقام بهاره پارسی، اترک، آریا و سیمره (به ترتیب با ۹۰/۶۷، ۹۱/۰۰، ۹۱/۰۰ و ۹۱/۰۰ روز) با ترکیب آللی ba بود (جدول ۳).

جدول ۳- صفات مورفولوژی و تنوع آلی مکان‌های ژنی *Rht-B1* و *Rht-D1* در ژنتیپ‌های گندم مورد بررسی
Table 3. Morphological traits and gene allele variation in *Rht-B1* and *Rht-D1* loci of the wheat genotypes

ژنتیپ	<i>Rht1</i>	<i>Rht2</i>	صفات مورفولوژیکی						
	<i>Rht-B1</i>	<i>Rht-D1</i>	تعداد برگ نهایی	ارتفاع (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد روز تا ظهور سنبله	عملکرد دانه (kg/ha)	طول آخرين ميانگره (cm)	
۱ کرج	a	a	۶/۶۷	۱۰۳/۲۰	۷/۳۳	۱۰۷/۳۳	۴۷۸۳/۳۳	۴۱/۵۱	
۲ کرج	a	a	۶/۶۷	۱۰۳/۰۰	۷/۶۷	۹۶/۳۳	۴۲۶۶/۶۷	۴۱/۴۳	
۳ کرج	b	a	۶/۶۷	۷۱/۲۰	۸/۰۰	۱۰۰/۰۰	۵۵۸۳/۳۳	۲۸/۶۴	
ازادی	b	a	۶/۰۰	۸۰/۷۰	۷/۰۰	۹۸/۰۰	۵۶۶۶/۶۷	۳۲/۴۶	
قدس	b	a	۶/۶۷	۸۰/۰۰	۸/۳۳	۹۵/۳۳	۵۵۶۶/۶۷	۳۲/۳۰	
مهدوی	b	a	۶/۶۷	۸۸/۲۰	۶/۱۷	۹۹/۳۳	۸۹۱۶/۶۷	۳۵/۴۸	
نیک تزاد	b	a	۷/۰۰	۶۲/۵۰	۶/۵۰	۹۳/۰۰	۵۳۶۶/۶۷	۲۵/۱۴	
پیشتر	b	a	۶/۳۳	۷۰/۴۰	۸/۰۰	۹۳/۰۰	۶۳۶۶/۶۷	۲۸/۳۲	
شیراز	a	b	۶/۰۰	۸۸/۰۰	۸/۰۰	۹۹/۰۰	۵۶۱۶/۶۷	۳۵/۶۰	
مرودشت	a	b	۶/۶۷	۷۴/۰۰	۷/۰۰	۹۸/۶۷	۴۹۰/۰۰	۲۹/۷۷	
سپاهان	b	a	۶/۳۳	۶۷/۵۰	۷/۰۰	۹۴/۶۷	۵۰۳۳/۳۳	۲۷/۱۵	
بهار	b	a	۷/۰۰	۶۷/۲۰	۶/۰۰	۹۹/۶۷	۶۲۵۰/۰۰	۲۷/۰۳	
پارسی	b	a	۶/۳۳	۷۹/۰۰	۷/۰۰	۹۰/۷	۷۳۱۶/۶۷	۳۱/۸۲	
سپوند	b	a	۶/۳۳	۷۶/۳۰	۶/۳۳	۹۸/۳۳	۷۸۶۶/۶۷	۳۰/۶۹	
WS-82-9	b	a	۶/۶۷	۵۹/۰	۵/۸۳	۹۵/۶۷	۴۸۵۰/۰۰	۲۷/۸۰	
WS-85-10 (Sirvan)	b	a	۷/۰۰	۷۲/۳۰	۵/۶۷	۱۰۰/۶۷	۵۸۲۳/۳۳	۲۹/۰۸	
WS-86-14	b	a	۷/۲۳	۷۴/۰۰	۶/۳۳	۹۳/۶۷	۵۹۲۳/۳۳	۲۹/۹۷	
بزوستایا	b	a	۷/۰۰	۷۶/۰۰	۷/۰۰	۱۰۰/۰۰	۵۰۱۶/۶۷	۳۰/۵۷	
نوید	b	a	۷/۰۰	۷۶/۳۰	۷/۳۳	۱۰۲/۰۰	۶۵۱۶/۶۷	۳۰/۶۹	
الموت	b	a	۷/۶۷	۷۰/۲۰	۸/۳۳	۱۰۰/۵۷	۶۶۸۳/۳۳	۲۸/۲۸	
الوند	b	a	۷/۶۷	۷۹/۰۰	۸/۳۳	۹۴/۳۳	۶۶۱۶/۶۷	۳۲/۰۶	
زرین	b	a	۷/۰۰	۸۴/۰	۶/۳۳	۱۰۰/۶۷	۴۸۰/۰۰	۳۳/۹۹	
اروم	a	b	۶/۶۷	۷۷/۴۰	۷/۰۰	۹۵/۳۳	۴۴۰/۰۰	۲۹/۵۳	
زارع	b	a	۷/۳۳	۸۹/۳۰	۷/۶۷	۱۰۰/۶۷	۱۱۸۳/۳۳	۳۵/۹۲	
مهمن	a	b	۶/۶۷	۶۲/۱۰	۶/۶۷	۹۸/۳۳	۴۶۵۰/۰۰	۲۴/۹۸	
MV-17	b	a	۶/۶۷	۶۰/۰	۵/۳۳	۹۹/۶۷	۶۱۸۳/۳۳	۲۴/۳۴	
گاسپارد	a	b	۶/۶۷	۶۰/۰۰	۸/۶۷	۱۰۲/۶۷	۵۲۶۶/۶۷	۲۴/۱۴	
گاسکوئن	a	b	۷/۶۷	۶۲/۱۰	۷/۰۰	۹۸/۰۰	۶۹۳۳/۳۳	۲۴/۹۸	
سویسون	b	a	۷/۰۰	۶۶/۱۰	۷/۶۷	۹۹/۳۳	۶۲۳۳/۳۳	۲۶/۵۹	
شهریار	b	a	۷/۳۳	۷۸/۳۰	۸/۳۳	۹۹/۳۳	۵۵۲۳/۳۳	۳۱/۵۰	
تونس	b	a	۶/۶۷	۷۴/۰	۷/۳۳	۹۸/۳۳	۵۹۳۳/۳۳	۲۹/۱۹	
C-85-3	b	a	۶/۳۳	۶۳/۰	۶/۳۳	۱۰۰/۰۰	۶۸۸۳/۳۳	۲۵۴۲	
C-85-6	b	a	۷/۳۳	۸۱/۰	۸/۰۰	۱۰۲/۶۷	۶۴۸۳/۳۳	۳۲/۷۴	
C-86-3	b	a	۶/۰۰	۷۴/۰	۵/۶۷	۹۹/۳۳	۶۱۰۰/۰۰	۲۹/۸۵	
C-86-5	b	a	۶/۳۳	۷۷/۰	۸/۰۰	۹۹/۰۰	۴۰۶۶/۶۷	۳۰/۹۷	
C-86-6	a	b	۷/۶۷	۷۰/۴۰	۶/۶۷	۹۹/۶۷	۹۲۶۶/۶۷	۲۸/۳۲	
پیشگام	a	b	۸/۰۰	۵۹/۰	۷/۰۰	۹۷/۳۳	۵۲۶۶/۶۷	۲۴/۰۲	

ادامه جدول ۳

Continued Table 3

نوعیپ	صفات مورفولوژیکی									
	Rhl1	Rhl2	Rhl3	تعداد برگ نهایی	ارتفاع (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد روز تا ظهور سنبله	عملکرد دانه (kg/ha)	طول آخرين ميانگره (cm)	
تجن	b	a	۶/۶۷	۶۷/۴۰	۷/۶۷	۹۱/۶۷	۵۲۶۶/۶۷	۲۷/۱۱		
شیروودی	b	a	۷/۶۷	۶۲/۳۰	۷/۳۳	۹۲/۶۷	۴۳۱۶/۶۷	۲۵/۶		
دریا	a	b	۷/۰۰	۷۶/۴۰	۶/۶۷	۹۱/۳۳	۷۵۳۳/۳۳	۳۰/۷۳		
آرتا	b	a	۷/۰۰	۸۲/۱۰	۶/۶۷	۹۲/۶۷	۷۷۵۰/۰۰	۳۳/۰۳		
مروارید	a	a	۶/۶۷	۷۹/۷۰	۵/۵۰	۹۴/۶۷	۷۵۱۶/۶۷	۳۳/۰۶		
گندید	b	a	۷/۶۷	۷۰/۷۰	۵/۶۷	۹۹/۶۷	۸۸۱۳/۳۳	۲۸/۴۹		
اروند	b	a	۷/۰۰	۷۲/۱۰	۵/۳۳	۹۷/۲۳	۳۲۲۳/۳۳	۲۹/۰۰		
چناب	b	a	۷/۳۳	۷۱/۱۰	۶/۰۰	۹۷/۲۳	۲۷۲۳/۳۳	۲۸/۸۴		
بیات	a	a	۶/۶۷	۹۰/۵۰	۷/۳۳	۱۰۳۰	۸۵۱۶/۶۷	۳۶/۴۵		
فلات	b	a	۷/۰۰	۷۴/۱۰	۵/۸۳	۹۳/۰۰	۴۸۱۶/۶۷	۲۹/۱۱		
هیرمند	b	a	۷/۶۷	۷۱/۳۰	۵/۶۷	۹۶/۲۳	۴۵۸۳/۳۳	۲۸/۶۸		
داراب ۲	b	a	۶/۰۰	۸۰/۳۰	۶/۶۷	۹۲/۶۷	۵۹۱۶/۶۷	۳۲/۳۰		
اترک	b	a	۶/۳۳	۶۱/۴۰	۶/۰۰	۹۱/۰۰	۴۴۵۰/۰۰	۲۴/۷۰		
چمران	b	a	۶/۰۰	۷۸/۰۰	۵/۸۳	۹۲/۰۰	۵۱۸۳/۳۳	۳۱/۳۸		
استار	b	a	۶/۶۷	۷۰/۳۰	۶/۳۳	۹۴/۶۷	۳۸۰۰/۰۰	۲۸/۲۸		
دز	b	a	۷/۳۳	۵۲/۳۰	۷/۰۰	۹۳/۶۷	۳۰۱۶/۶۷	۲۱/۰۴		
وبنک	b	a	۶/۰۰	۵۶/۵۰	۶/۰۰	۹۷/۶۷	۳۹۶۶/۶۷	۲۲/۷۳		
S-78-11	a	b	۶/۳۳	۸۰/۳۰	۶/۰۰	۹۹/۲۳	۶۴۵۰/۰۰	۳۳/۳۰		
افلاک	b	a	۷/۰۰	۷۹/۸۰	۵/۶۷	۱۰۰/۶۷	۲۷۲۳/۳۳	۳۱/۶۸		
چمران ۲	b	a	۷/۶۷	۷۸/۱۰	۶/۶۷	۹۹/۶۷	۵۱۸۳/۳۳	۲۹/۱۸		
S-87-18	b	a	۷/۳۳	۶۹/۰	۶/۳۳	۹۱/۶۷	۴۰۰۰/۰۰	۳۰/۰۸		
S-87-19	b	a	۷/۰۰	۸۰/۳۰	۵/۳۳	۹۶/۰۰	۶۴۵۰/۰۰	۳۲/۳۰		
S-87-20	b	a	۷/۶۷	۶۶/۱۰	۵/۵۰	۹۶/۶۷	۶۶۳۳/۳۳	۲۶/۹۳		
روشن	a	a	۷/۶۷	۱۱۰/۴۰	۷/۸۳	۹۵/۶۷	۴۵۶۶/۶۷	۴۴/۴۱		
بک کراس روشن پهاره	b	a	۶/۰۰	۸۰/۴۰	۵/۱۷	۹۷/۶۷	۶۶۵۰/۰۰	۳۲/۳۴		
بک کراس روشن زمستانه										
Roshan(W)	b	a	۷/۳۳	۸۴/۲۰	۸/۰۰	۱۰۱/۶۷	۶۸۶۶/۶۷	۳۳/۸۷		
مارون	b	a	۶/۰۰	۷۰/۳۰	۷/۰۰	۹۱/۶۷	۵۷۰۰/۰۰	۲۸/۲۸		
کویر	b	a	۶/۶۷	۷۰/۳۰	۸/۰۰	۹۱/۲۳	۴۶۸۳/۳۳	۲۸/۲۸		
هامون	a	b	۸/۰۰	۵۷/۴۰	۶/۰۰	۹۹/۲۳	۴۲۸۳/۳۳	۲۳/۰۹		
بن	a	b	۶/۰۰	۷۹/۹۰	۶/۳۳	۹۸/۲۳	۶۶۸۳/۳۳	۳۲/۱۴		
نیشابور	a	b	۶/۳۳	۷۱/۰۰	۶/۵۰	۹۷/۶۷	۵۰۱۳/۳۳	۲۸/۵۶		
سیستان	a	b	۷/۳۳	۷۶/۸۰	۷/۰۰	۹۸/۶۷	۶۵۲۳/۳۳	۳۰/۸۹		
ارگ	a	b	۵/۶۷	۷۴/۵۰	۷/۱۷	۹۸/۰۰	۶۵۶۶/۶۷	۲۹/۹۷		
افق	b	a	۸/۰۰	۸۳/۷۰	۵/۳۳	۱۰۱/۶۷	۸۹۰۰/۰۰	۳۲/۶۷		
یاوروس	b	a	۷/۰۰	۶۲/۲۰	۷/۰۰	۹۵/۰۰	۵۹۱۶/۶۷	۲۵/۰۲		
کرخه	b	a	۷/۳۳	۷۳/۸۰	۵/۰۰	۱۰۰/۰۰	۶۸۸۳/۳۳	۲۹/۶۹		
آریا	b	a	۸/۳۳	۵۴/۱۰	۶/۱۷	۹۱/۰۰	۳۶۰۰/۰۰	۲۱/۷۶		

ادامه جدول ۳

Continued Table 3

ژن‌تیپ	صفات موافق‌لوژیکی							طول آخرین میانگره (cm)
	میانگر Rht B1	میانگر Rht D1	تعداد برگ نهایی	ارتفاع (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد روز تا ظهرور سبله	عملکرد دانه (kg/ha)	
دنا	b	a	۶/۰۰	۵۴/۳۰	۷/۱۳	۹۶/۳۳	۵۰۳۳/۲۳	۲۱/۸۴
۲ آذر	a	a	۷/۰۰	۹۸/۵۰	۶/۶۷	۹۴/۰۰	۴۲۶۶/۶۷	۴۳/۵۹
زاگرس	b	a	۶/۳۳	۷۲/۲۰	۸/۰۰	۹۱/۶۷	۵۱۳۳/۲۳	۳۱/۹۵
هما	a	a	۷/۳۳	۸۱/۴۰	۵/۳۳	۹۴/۰۰	۶۷۰۰/۰۰	۳۶/۰۲
رصد	a	a	۷/۰۰	۹۸/۲۰	۵/۶۷	۱۱۵/۶۷	۵۱۰۰/۰۰	۴۳/۴۶
وحدی	a	a	۷/۳۳	۱۰۱/۴۰	۵/۳۳	۱۰۹/۵۷	۱۸۵۰/۰۰	۴۰/۷۹
کوهدهشت	b	a	۶/۳۳	۷۵/۳۰	۵/۵۰	۹۹/۳۳	۱۷۶۶/۶۷	۳۰/۲۹
گهر	b	a	۶/۳۳	۷۴/۵۰	۵/۳۳	۹۹/۳۳	۶۶۸۳/۲۳	۲۷/۹۷
سیمره	b	a	۷/۶۷	۷۷/۲۰	۶/۶۷	۹۱/۰۰	۵۶۵۰/۰۰	۳۱/۰۵
کریم	a	b	۷/۶۷	۷۴/۸۰	۶/۳۳	۹۲/۳۳	۳۳۶۶/۶۷	۳۰/۰۹
C-85-D8	a	a	۷/۰۰	۷۸/۹۰	۶/۱۷	۱۰۰/۳۳	۵۹۱۶/۶۷	۳۱/۷۴
C-85-D9	a	a	۶/۶۷	۸۰/۴۰	۵/۶۷	۹۹/۶۷	۵۲۸۳/۲۳	۳۲/۳۴
C-85-D13	b	a	۶/۶۷	۷۸/۳۰	۵/۶۷	۱۰۰/۰۰	۵۱۰۰/۰۰	۳۱/۵۰
۳ مغان	b	a	۷/۰۰	۸۰/۱۰	۶/۰۰	۹۴/۶۷	۶۹۱۶/۶۷	۳۲/۲۲
کلستان	b	a	۶/۶۷	۸۳/۲۰	۶/۳۳	۹۶/۰۰	۵۸۱۶/۶۷	۳۳/۴۷
رسول	b	a	۷/۰۰	۶۸/۱۰	۷/۰۰	۹۲/۰۰	۵۹۰۰/۰۰	۲۷/۳۹
ربیاو	b	a	۷/۰۰	۷۸/۱۰	۶/۰۰	۹۲/۳۳	۵۱۱۶/۶۷	۳۱/۴۲
سبلان	a	a	۷/۰۰	۹۴/۰۰	۷/۳۳	۹۷/۳۳	۵۱۸۳/۲۳	۳۷/۸۱
۲۰۰ سووین	b	a	۷/۶۷	۶۰/۵۰	۵/۶۷	۱۰۱/۶۷	۴۱۰۰/۰۰	۲۴/۳۴
طبیسی	a	a	۷/۶۷	۱۰۸/۷۰	۵/۳۳	۱۰۲/۶۷	۳۶۰۰/۰۰	۴۳/۷۳
ماهوتی	a	a	۷/۰۰	۹۴۲۰	۷/۶۷	۹۹/۳۳	۳۲۱۶/۶۷	۳۷/۸۹
شعله	a	a	۷/۶۷	۹۰/۲۰	۷/۰۰	۱۰۰/۶۷	۷۳۰۰/۰۰	۳۹/۹۲
سرداری	a	a	۸/۰۰	۹۵/۵۰	۶/۶۷	۱۰۱/۰۰	۴۹۵۰/۰۰	۴۲/۲۶
بهاران	a	a	۷/۳۳	۹۳/۴۰	۶/۳۳	۹۴/۶۷	۵۲۵۰/۰۰	۴۱/۳۳
میانگین			۶/۹۳	۷۶/۳۱	۶/۵۲	۹۷/۴۹	۵۵۰۲/۸۹	۳۰/۹۶
ماکریم			۸/۳۳	۱۱۰/۴۰	۸/۶۷	۱۱۵/۶۷	۹۲۶۶/۶۷	۴۴/۴۱
مینیمم			۵/۶۷	۵۲/۳۰	۵/۰۰	۹۰/۶۷	۱۱۸۳/۲۳	۲۱/-۴
LSD (P<0.05)			.۰۴۷	۸/۸۹	.۰۱۹	۳/۳۰	۱۵۱/۹۸	۴/۵۰

متوسط ارتفاع ۹۴/۲۲ سانتی‌متر بودند که از متوسط ارتفاع سایر ارقام ۲۳/۵ درصد بیشتر بودند. کاهش ارتفاع بوته سبب بهبود مؤثر عملکرد محصول در گندم نان و ماکارونی می‌گردد (۲). همچنین این ارقام دارای تعداد روز از جوانه‌زنی تا گله‌ی بیشتر (تأخر در تاریخ گله‌ی) و تعداد برگ نهایی بیشتری از سایر ارقام بودند. این نتایج با نتایج دورا و همکاران (۷) که اثر ژن *Rht5* را در گندم بررسی کردند مشابه داشت. آن‌ها گزارش کردند که ژن پاکوتاهی سبب کاهش ارتفاع ۲۳/۱۶ درصدی گردیده است و سبب تأخیر در تاریخ گله‌ی و رسیدگی گردید.

ارقام دارای هر دو آل پابلندی (aa) شامل ارقام کرج ۱، کرج ۲، مروارید، بیات، روشن، آذر ۲، هما، رصد، اوحدی، سبلان، طبیسی، ماهوتی، شعله، سرداری، بهاران، C-85-D8 و C-85-D9 بودند که غالباً دارای رفتار رشدی زمستانه یا بینایین متمایل به زمستانه هستند. دلیل این امر آن است که گیاهانی که دیر گل می‌دهند، ارتفاع بلندتری دارند (۲۶).

بنابراین به نظر می‌رسد بین آل‌های پاسخ به بهاره‌سازی و

فرآوانی آل *RhtB1-b* در بین آل‌های مورد بررسی از بقیه آل‌ها در ژن‌تیپ‌های مورد بررسی بیشتر بود که نشان‌دهنده وجود این آل پاکوتاهی در بین ژن‌تیپ‌ها می‌باشد (جداول ۳ و ۴). با توجه به اینکه اغلب ارقام از طریق مراکز تحقیقاتی بین‌المللی وارد کشور شده‌اند و مراحل اصلاحی در داخل کشور انجام گرفته است احتمال ورود ژن‌های پاکوتاهی را از این مراکز تحقیقاتی به خصوص مرکز تحقیقات بین‌المللی گندم و ذرت زیاد می‌کند. ارقام دارای حداقل یکی از آل‌های پاکوتاهی (یعنی ارقام دارای ژن‌تیپ *RhtB1-a/RhtD1-b* و *RhtB1-b/RhtD1-a*) حدود ۸۲/۶۵ درصد از کل ارقام مورد بررسی را شامل شد. این فراوانی آل‌های پاکوتاهی با اظهارات ایوانز (۱۳) مطابقت دارد که اعلام داشت فراوانی آل‌های پاکوتاهی در ارقام گندم کل دنیا بیشتر از ۷۰ درصد می‌باشد. کمترین ترکیب آلی مربوط به وجود آل پابلندی در هر دو مکان مورد بررسی یعنی *RhtB1-a/RhtD1-a* با فراوانی ۱۷/۳۵ درصد بود (جدول ۴). این ارقام به دلیل عدم ورود این دو آل پاکوتاهی دارای

۶/۸۸ سانتی‌متر طول سنبله و ۹۷/۷۵ روز تا گلدهی بودند (جدول ۴). ۱۷/۳۵ درصد از ارقام دارای ترکیب آللی *RhtB1-a/RhtD1-a* بودند که این ارقام دارای میانگین تعداد ۷/۰۸ برگ نهایی، ۹۴/۲۳ سانتی‌متر ارتفاع بوته، ۶/۵۲ سانتی‌متر طول سنبله و ۱۰۰/۰۶ روز تا گلدهی بودند (جدول ۴). تجزیه همبستگی صفات مورد بررسی با ترکیب آللی در ارقام گندم مورد بررسی در این تحقیق حاکی از آن بود که همبستگی معنی‌داری بین ترکیب آللی *RhtB1/RhtD1* با صفات تعداد روز تا گلدهی، طول سنبله و تعداد برگ نهایی وجود ندارد و این ترکیبات آللی فقط همبستگی منفی و معنی‌داری با صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ داشتند (جدول ۵). در بین صفات مورد بررسی نیز تنها صفات ارتفاع بوته و تعداد روز تا گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند که نشان‌دهنده آن است ارقام با ارتفاع بیشتر به تعداد روز بیشتری برای رسیدن به گلدهی نیاز دارند.

ارتفاع گیاه ارتباط وجود داشته باشد (۲۳). این ارتباط در پژوهش‌های دنگ و همکاران (۸) نیز گزارش شده‌است. این ارتباط از طریق تولید هورمون جیبریلین توسط ژن‌های بهاره‌سازی کنترل می‌گردد. تنظیم سطح هورمون‌های پایین دستی *VRN1* (مثل اسید جیبریلیک) که در بهاره‌سازی نقش دارد، ممکن است گلدهی با دیگر فرآیندهای نموی گیاه مانند ارتفاع نهایی را تحت تأثیر قرار دهد (۱۹,۸,۴).

بیشترین درصد ترکیب آللی مربوط به *RhtB1-b/RhtD1-a* با فراوانی ۶۶/۳۳ درصد بود (جدول ۴). این ترکیب آللی در ارقام مورد بررسی باعث ایجاد برگ نهایی ۶/۶ سانتی‌متر، طول سنبله ۶/۶ سانتی‌متر و تعداد روز تا گلدهی ۹۶/۷۶ روز شدند (جدول ۴). رقم از کل ارقام مورد بررسی دارای ترکیب آللی *RhtB1-a/RhtD1-b* بودند که ۱۶/۳۳ درصد کل ارقام مورد بررسی را شامل می‌شدند و به ترتیب دارای ۶/۹ برگ نهایی، ۶/۳۳ سانتی‌متر ارتفاع بوته،

جدول ۴- اثرات ترکیب آللی بر صفات مختلف ژنتیپ‌های گندم مورد بررسی

Table 4. Effect of allele compositions on different traits of wheat genotypes

گروه	<i>RhtB1</i>	<i>RhtD1</i>	درصد	تعداد برگ نهایی	ارتفاع (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد روز تا ظهور سنبله	عملکرد دانه (kg/ha)	طول آخرین میانگره (cm)
۱	a	a	۱۷/۳۵	۷/۰۸±۰.۲۰*	۹۴/۲۲±۴/۶۷	۶/۵۲±۰.۴۴	۱۰۰/۰.۶±۲/۷۴	۵۱۹۲±۷۸۵/۲	۳۹/۲۲±۲/۱
۲	a	b	۱۶/۳۳	۶/۹۰±۰.۳۷	۷۱/۳۳±۴/۳۲	۶/۸۸±۰.۳۴	۹۷/۷۵±۱/۳۵	۵۸۰۰±۲۱۶/۲	۲۸/۶۹±۱/۷۴
۳	b	a	۶۶/۳۳	۶/۸۹±۰.۱۴	۷۲/۸۵±۲/۰۱	۶/۶۰±۰.۹۶	۹۶/۷۶±۰.۹۵	۵۵۱۱±۳۶۶/۸	۲۹/۳۵±۰/۸۱

*: فاصله اطمینان ۹۵ درصد برآورد

جدول ۵- همبستگی صفات مختلف در ژنتیپ‌های گندم مورد بررسی

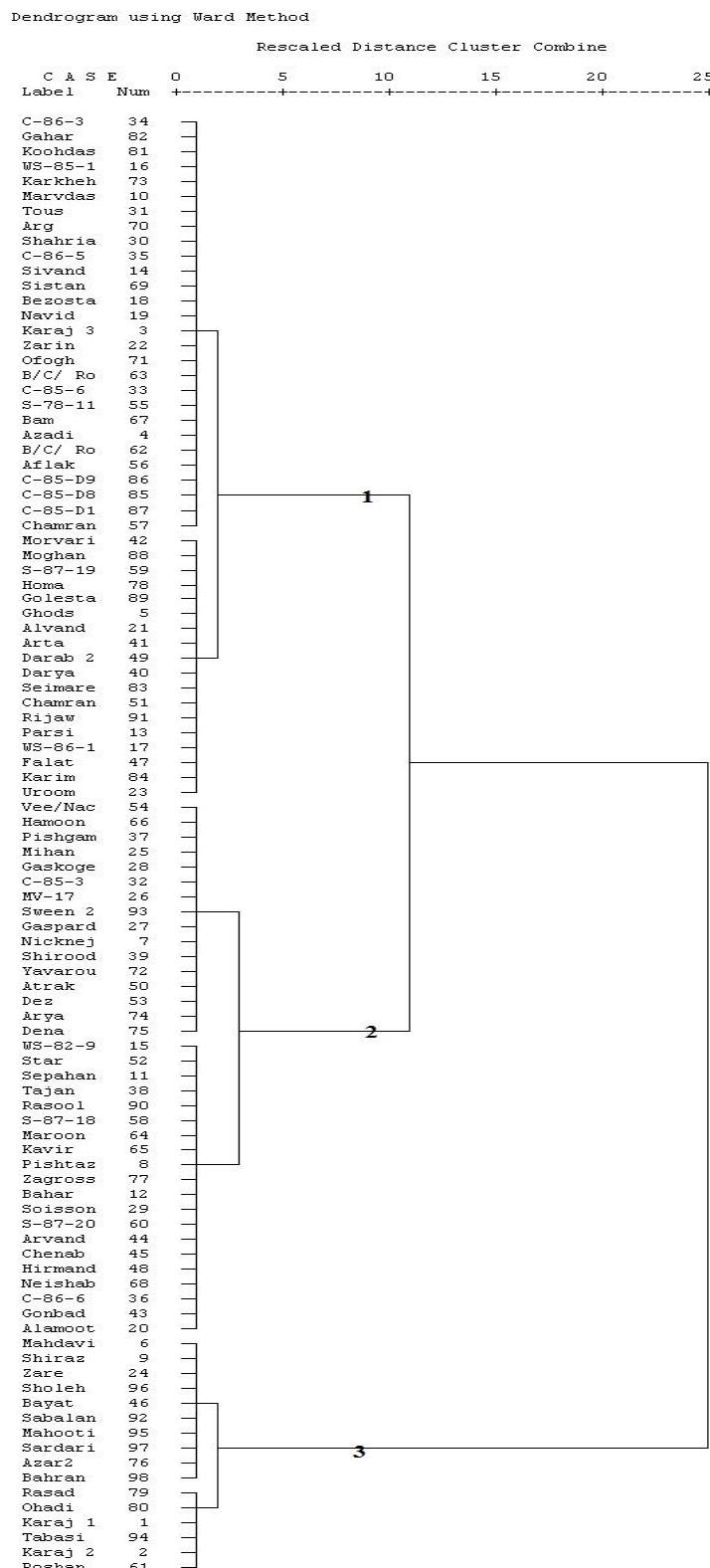
Table 5. The correlation between different traits of the studied wheat genotypes

	تعداد روز تا گلدهی	طول سنبله	ارتفاع	تعداد برگ نهایی	ترکیب آللی	طول آخرین میانگره	عملکرد دانه
تعداد روز تا گلدهی	۱						
طول سنبله	-/-۰.۷ ^{ns}	۱					
ارتفاع	۰/۳۱۰ **	-/-۰.۲۱ ^{ns}	۱				
تعداد برگ نهایی	۰/۰۷۸ ^{ns}	-/-۰.۷۶ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{ns}	۱			
ترکیب آللی	-/-۰.۱۶۴ ^{ns}	-/-۰.۱۱۲ ^{ns}	-/-۰.۵۷۱ **	-/-۰.۹۴ ^{ns}	۱		
طول آخرین میانگره	۰/۰۱۱ ^{ns}	-/-۰.۳۵۵ **	-/-۰.۸۵۱ **	-/-۰.۰۳۵ ^{ns}	-/-۰.۶۰۴ **	۱	
عملکرد دانه	-/-۰.۰۰۴ ^{ns}	-/-۰.۰۹ ^{ns}	-/-۰.۱۴ ^{ns}	-/-۰.۰۸۳ ^{ns}	-/-۰.۱۱۷ ^{ns}	-/-۰.۱۴ ^{ns}	۱

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns: غیر معنی‌دار

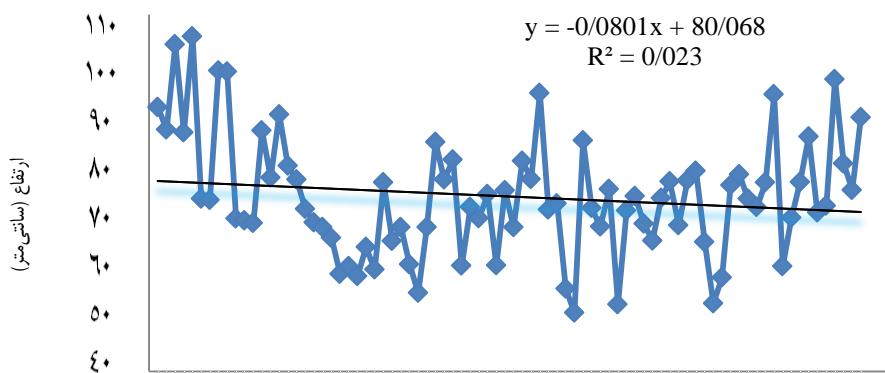
دو ژن پاکوتاهی مورد بررسی بودند، هر چند ژنتیپ‌های این گروه از لحاظ صفات تعداد برگ نهایی در ساقه اصلی، تعداد روز تا گلدهی و طول سنبله در وضعیت حد وسط دو گروه دیگر قرار داشتند (شکل ۱). گروه سوم نیز فقط شامل ۱۶ ژنتیپ بود. بر اساس جدول ۳ ژنتیپ‌های این گروه بیشتر دارای ترکیب آللی aa هستند که بیشترین ارتفاع و بیشترین تعداد روز تا گلدهی را نسبت به ژنتیپ‌های دیگر دارا بودند (جدول ۴).

پس از انجام تجزیه خوش‌های و برش دندروگرام حاصله در فاصله ۱۰ واحد در سطحی که اختلاف بین سطوح گروه‌بندی زیاد باشد (۱۶)، ۹۸ ژنتیپ مورد بررسی در ۳ گروه قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول شامل ۴۶ ژنتیپ بود که بیشتر ژنتیپ‌های با ترکیب آللی ba را شامل می‌شود (شکل ۱) که بر اساس جدول ۴ نیز این گروه بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد و میانگین ارتفاع این گروه در حدود ۷۳ سانتی‌متر بود (جدول ۴). گروه دوم شامل ۳۶ ژنتیپ بود که اغلب ژنتیپ‌های این گروه نیز دارای ترکیب آللی ab براي



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنتیپ‌های گندم بر اساس صفات مورد بررسی شد

Figure 1. The dendrogram of cluster analysis of wheat genotypes based on measured traits using Ward's method



سال معرفی

شکل ۲- تغییرات مربوط به ارتفاع ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی بر اساس سال معرفی
Figure 2. The changes of wheat genotypes height based on the year of released

ارقام گندم کاسته شده است. بنابراین پس از گذشت زمان و با ورود ارقام پاکوتاه خارجی، فراوانی این آلل‌ها افزایش یافته است.

به طور کلی، گرایش بهترزی در ایران طی گذشت زمان به کاهش ارتفاع و افزایش تجمع آلل‌های پاکوتاهی منجر شده است. اکثر ارقام مورد بررسی دارای ترکیب آللی *Rht BI-b/RhtDI-a* بودند که باعث ایجاد کمترین ارتفاع در ارقام مورد بررسی شد. تأثیر این ترکیب آللی بر صفات تعداد برگ نهایی و تعداد روز تا گلدhei در مقایسه با ارقامی که این ترکیب آللی را نداشتند، کاهش قابل ملاحظه‌ای را ایجاد کرده بود.

با توجه به این که ژن‌های مختلفی در ایجاد ارتفاع در ارقام مختلف نقش دارند، پیشنهاد می‌گردد علاوه بر این دو ژن که اصلی‌ترین ژن‌ها هستند، ترکیب آللی سایر ژن‌ها نیز بخصوص در ارقام جدید مورد بررسی قرار گیرند تا تصویر واضح‌تری از اثرات این آلل‌ها بر صفت ارتفاع و متعاقب آن کودپذیری، مقاومت به ورس و در نهایت عملکرد داشته باشیم.

استفاده از این گروه‌بندی‌ها ضمن حصول اطلاعات مربوط به پراکندگی آلل‌های کوتاهی در ژنوتیپ‌های ایرانی گندم می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی بهبود مقاومت به ورس و افزایش عملکرد در گندم بر اساس همبستگی سه صفت موروفولوژیکی تعداد برگ نهایی در ساقه، تعداد روز تا گلدhei و طول سنبله با صفت عملکرد دانه، مؤثر باشد. به طوری که می‌توان ژنوتیپ‌های دارای آلل پاکوتاهی (مثلاً ترکیب آللی ترکیب آللی *a* *Rht BI-b/RhtDI-a*) را در تلاقي‌ها شرکت داد یا بوسیله روش‌های مولکولی آلل‌های مؤثر در پاکوتاهی را به ارقام پایلند با سازگاری مناسب با منطقه مورد نظر انتقال داد تا گیاهانی کودپذیرتر، متحمل‌تر به خواصی و در نهایت با توان تولیدی بیشتر داشته باشیم.

تغییرات ارتفاع بوته براساس سال معرفی ارقام در شکل ۲ آورده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، ارتفاع بوته تغییرات تصادفی داشته است، گرچه این تغییرات در طی این مدت با شبیه ملایم کاهشی می‌باشد ($R^2=0.023$). نخستین ارقام اصلاح شده در ایران از میان ارقام بومی انتخاب شده‌اند اما به تدریج با ورس و معرفی ارقام جدید از مراکز تحقیقات بین‌المللی سیمیت و ایکاردا از ارتفاع

- منابع
- Allan, R.E. 1989. Agronomic Comparisons between *Rht1* and *Rht2* Semi dwarf genes in winter wheat. *Crop Science*, 29: 1103-1108.
 - Bakshi, S., K.A. Nayeem, S.G. Bhagwat, A. Shitre and B.K. Das. 2014. Characterization of GA3 Insensitive Reduced Height Mutant of Emmer Wheat. Var. NP200 (*Triticum Dicoccum* L.). *Advances in Crop Science and Technology*, 2: 132. doi:10.4172/2329-8863.1000132
 - Battenfield, S.D., A.R. Klatt and W.R. Raun. 2013. Genetic yield potential improvement of semi dwarf winter wheat in the Great Plains. *Crop Science*, 53: 946-955.
 - Boden, S.A., D. Weiss, J.J. Ross, N.W. Davies, B. Trevaskis, P.M. Chandler and S.M. Swain. 2014. Early flowering3 regulates flowering in spring barley by mediating gibberellins production and flowering locus expression. *Plant Cell*, 29: 1557-1569.
 - Borlaug, N.E. 1968. Wheat breeding and its impact on world food supply. In: Finlay, E.W. and K.W. Sheperd (eds.), *Proceedings of the 3rd International Wheat Genetics Symposium*, 5-15 pp. Canberra: Australian Academy of Science.
 - Borner, A., J. Plaschke, V. Korzun and A.J. Worland. 1996. The relationship between the dwarfing genes of wheat and rye. *Euphytica*, 89:69-75.
 - Daoura, B.G., L. Chen, and Y.G. Hu. 2013. Agronomic traits affected by dwarfing gene *Rht-5* in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 7(9): 1270-1276.
 - Deng, W., M.C. Casao, P. Wang, K. Sato, P. M. Hayes, E.J. Finnegan and B. Trevaskis. 2015. Direct links between the vernalization response and other key traits of cereal crops. *Nature Communications*, 6:58- 82. DOI: 10.1038/ncomms6882.
 - Derikvand, R., E. Farshadfar and F. Nazarian. 2004. Genetic study of some morpho-physiological traits in bread wheat lines under dryland conditions using diallel crossing. *Seed and Plant Improvement Journal*, 20(4): 429-444 (In Persian).
 - Divashuka, M.G., A.V. Vasilyevb, L.A. Bespalovab and G.I. Karlova. 2012. Identity of the *Rht11* and *RhtB1e* reduced plant height genes. *Russian Journal of Genetics*, 48(7): 761-763.
 - Ellis, M.H., G.J. Rebetzke and P. Chandler. 2004. The effect of different height reducing genes on the early growth of wheat. *Functional Plant Biology*, 31: 583-589.
 - Ellis, M.H., W. Spielmeyer and K.R. Gale. 2002. "Perfect" Markers for the *Rht_B1b* and *Rht_D1b* Dwarfing Genes in Wheat. *Theoretical Applied Genetics*, 105: 1038-1042.
 - Evans, L.T. 1998. *Feeding the Ten Billion: Plant and Population Growth*, Cambridge: Cambridge University Press. 247 p.
 - Gale, M.D. and S. Youssefian. 1985. Dwarfing genes in wheat, In: *progress in plant breeding*, Russell, G.E. (ed.), 1-35 pp. London: Butterworths, UK.
 - Hoogendoorn, J., J.M. Richson and M.D. Gale. 1990. Differences in Leaf and Stem Anatomy Related to Plant Height of Tall and Dwarf Wheat. *Journal of Plant Physiology*, 136: 72-77.
 - Jobson, J.D. 1992. *Applied Multivariate Data Analysis*. Vol II: Categorical and Multivariate Methods. Springer-Verlag Press. N.Y., USA. 768 pp.
 - Keyes, G.J., D.J. Paolillo and M.E. Sorrells. 1989. The effects of dwarfing genes *Rht 1* and *Rht 2* on cellular dimensions and rate of leaf elongation in wheat. *Annals of Botany*, 64: 683-690.
 - McIntosh, R.A., J. Dubcovsky and W.J. Rogers. 2009. Catalogue of Gene Symbols for Wheat, in Komugi Integrated Wheat Science Database, from <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat.komugi.genes.macgene>.
 - Pearce, S., L. Vanzetti and J. Dubcovsky. 2013. Exogenous gibberellins induce wheat spike development under short days only in the presence of *vernalization1*. *Plant Physiology*, 163:1433-1445.
 - Pearce, S., R. Saville and S.P. Vaughan. 2011. Molecular characterization of *Rht_1* dwarfing genes in hexaploid wheat. *Plant Physiology*, 157:1820-1831, doi:10.1104/pp.111.183657.
 - Peng, J.R., D.E. Richards and N.M. Hartley. 1999. 'Green Revolution' genes encode mutant gibberellins response modulators. *Nature*, 400: 256-261.
 - Rudd, J.C. 2009. Success in wheat improvement. In: B.F. Carver, editor, *Wheat: Science and trade*. Wiley-Blackwell, Ames, IA. pp: 387-395.
 - Sadeghzadeh Ahari, D., S. Bahrami and H. Pashapour. 2006. Evaluation of durum wheat germplasm growth habit and its relationship with some agronomic traits and grain yield in cold dry land conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(3): 602-611.
 - SAS Institute. 2003. Foundation for 64-bit Microsoft Windows. SAS Inst., Carry, NC.
 - Tang, N., Y. Jiang, B. He and Y. Hu. 2009. The effects of dwarfing genes (*Rht-B1b*, *Rht-D1b*, and *Rht8*) with different sensitivity to *ga3* on the coleoptiles length and plant height of wheat. *Agricultural Sciences in China*, 8: 1028-1038.
 - Wooten, D.R., D.P. Livingston, H.J. Lyerly, J.B. Holland, E.N. Jellen, D.S. Marshall and J.P. Murphy. 2009. Quantitative Trait Loci and Epistasis for Oat Winter-Hardiness Component Traits. *Crop Science*, 49:1989-1998.

Allelic Distribution in Some of Dwarfing Genes in Iranian Wheat (*Triticum aestivum L.*) Genotypes

Seyyed Hamid Reza Ramazani¹, Habibollah Ghazvini², Mohammad Reza Jalal Kamali³ and Elias Arazmjo⁴

1- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sarayan Agricultural College, University of Birjand, Iran (Corresponding author: hramazani@Birjand.ac.ir)

2- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Principal Scientist-Wheat Breeder, Global Wheat Program, International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Karaj, Iran

4- Researcher at Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, South Khorasan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Birjand, Iran

Received: November 25, 2016 Accepted: September 12, 2017

Abstract

Decrease the plant height using the *Rht* genes is one of the main strategies to improve the resistance to lodging and fertilization and to increase the productivity in wheat. In Iran, like to other parts of world, these genes are entered to new introduced and released varieties. To study allelic diversity of two main dwarf genes (*Rht-D1b* and *Rht-B1b*) and their effects on morphological traits of 98 Iranian wheat cultivars, this study was conducted in filed and molecular level using specific STS-PCR primers. Correlation analysis among morphological traits such as plant height, final leaf number, spike length and days to heading with dwarfism alleles was done. Results showed that the highest percentage of allelic composition was related to *Rht B1-b/Rht D1-a* with 66.33%. Also 82.65% of the studied cultivars at least carried one of the dwarfism alleles that it verify the entrance of dwarfism genes into Iranian wheat cultivars. Only plant height had negative and significant correlation with dwarfism alleles ($r=-0.571^{**}$). The results of cluster analysis showed that genotypes were classified into 3 groups. The first group, have *Rht B1-b/Rht D1-a* genotype, Group II have *Rht B1-a/Rht D1-b* genotype and the third group have *Rht B1-a/Rht D1-a* genotype. Proper using of these genes in breeding programs can improve lodging resistance and also increase grain yield in wheat.

Keywords: Allelic diversity, Plant height, *Rht* gene