نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۳ ، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص ۵۴۹-۵۴۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 3, July – Aug. 2010, p. 542-549

ارزیابی وراثت پذیری و روابط صفات فیزیولوژیک و کیفیت دانه بین لاین‌های دابل‌هاپلوئید و لاین‌های پیشرفته اصلاحی معادل در تریتیکاله

سیاره ایرانی[۱]- احمد ارزانی[۲*] - عبدالمجید رضایی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۱

چکیده

به منظور ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیک و کیفیت دانه هیجده لاین تریتیکاله مشتمل بر ۹ لاین دابل هاپلوئید و ۹ لاین F۶ خواهری، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد اجرا شد. صفات محتوای پروتئین، محتوای پروتئین آرد، گلیادین، گلوتنین- سکالین، حجم رسوب SDS وزن حجمی دانه، طول، عرض و مساحت برگ پرچم، محتوای کلروفیل و عملکرد دانه مورد اندازه گیری قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات به جزء حجم رسوب SDS معنی‌دار بوده است. لاین‌های دابل‌هاپلوئید و لاین‌های F۶ از نظر کلیه صفات به جزء صفات حجم رسوبSDS، وزن حجمی دانه، گلیادین و طول برگ پرچم تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند. لاین‌های F۶ از لحاظ بیشتر صفات مرتبط با کیفیت دانه برتر از لاین‌های دابل‌هاپلوئید بودند. عملکرد دانه با طول برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی‌داری و با درصد پروتئین و محتوی پروتئین با روش اسپکتروفتومتری همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد. بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی به محتوای کلروفیل و کمترین آن به وزن حجمی دانه، طول و عرض برگ پرچم اختصاص داشت. بیشترین و کمترین وراثت‌پذیری عمومی به ترتیب با ۹۹ درصد به محتوای کلروفیل و با ۲۸ درصد به حجم رسوبSDS اختصاص داشت. در مجموع لاین‌های F۶ در صفات مرتبط با کیفیت دانه و خصوصیات فیزیولوژیک از لاین‌های دابل‌هاپلوئید برتر بودند.

واژه های کلیدی: تریتیکاله، دابل هاپلوئید، محتوی پروتئین دانه، صفات فیزیولوژیک و همبستگی بین صفات

مقدمه

طبق آمار منتشره توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۷، ۳۲ کشور به کشت تریتیکاله اشتغال دارند که در مجموع تولید کننده ۱۲/۵ میلیون تن این محصول می باشند (۱۰). تریتیکاله (*X. Triticosecale* Wittmack) هیبرید بین جنسی حاصل از تلاقی گندم (*Triticum* spp.) بعنوان والد ماده با چاودار (*Secale* spp.) بعنوان والد نر می باشد (۱۶). هدف از ایجاد این غله جدید، ترکیب صفات مطلوب دو گونه والدی بوده است. این صفات شامل قابلیت تولید بالا، سازگاری وسیع و کیفیت خوب دانه از گندم و سرسختی و تحمل به تنش های زنده و غیر زنده از چاودار است (۱۹). ترکیب شیمیایی و کیفیت غذایی تریتیکاله مشابه اجدادش (گندم و چاودار) می‌باشد. محتوی پروتئین لاین‌های تریتیکاله ۱۰ تا ۲۰ درصد وزن خشک آن را تشکیل می‌دهد که از این لحاظ نسبت به گندم برتری دارد (۱۵). تریتیکاله به لحاظ ترکیب متعادل‌تر اسیدهای آمینه، محتوی بالای پروتئین و موادمعدنی نسبت به بقیه غلات برتری دارد (۲۲). پایین بودن محتوی گلوتن و بتاگلوکان در تریتیکاله موقعیت مطلوبی را برای تغذیه نشخوار کنندگان به صورت علوفه و یا چرا فراهم ساخته است و بعنوان تغذیه‌ای برای نشخوار کنندگان هضم نشاسته بالاتری را دارد. نان تولیدی از تریتیکاله به لحاظ محتوی پروتئین بالاتر، فعالیت آلفاآمیلازی بیشتر و ترکیب مواد معدنی برتر در هنگام مخلوط شدن با آرد گندم، نان صنعتی برتری را تولید خواهد نمود (۱۶). در صورتی که به میزان ۱۸/۳٪ آرد تریتیکاله با آرد گندم مخلوط شود، بالاترین کیفیت نان از نظر حجم و ارتفاع نان بدست می‌آید (۲۳). سالدیوار و همکارانش (۱۹) اعلام کردند که مقاومت پایین خمیر تریتیکاله نشان دهنده کمیت و کیفیت نامناسب گلوتن تریتیکاله می‌باشد. اگرچه تنوع ژنتیکی برای محتوی گلوتن وجود دارد ولی هنوز بیشترین محتوی گلوتن تریتیکاله ۱۵-۱۰٪ کمتر از گندم است (۲۲). در حال حاضر برخی کشورهای جهان از جمله استرالیا،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: a_arzani@cc.iut.ac.ir)

برزیل، آلمان، لهستان، روسیه و آمریکا از آرد تریتیکاله به صورت مخلوط برای تهیه نان، کیک و بیسکویت استفاده می‌کنند (۲۳). تریتیکاله گلیادین و گلوتنین را از والد مادری (گندم) و سکالین و گلوتنین را از والد پدری (چاودار) دریافت کرده است (۹). گلیادین‌ها با پیوندهای هیدروژنی و آثار متقابل آبگریزی بهم متصل هستند و به لحاظ آثار متقابل آنها با چربی‌ها باعث نگهداری گاز CO_2 خمیر در هنگام تخمیر می‌شوند و هنگام جذب آب حالت چسبندگی و کشش به گلوتن می‌دهند. گلوتنین‌ها شامل پیوندهای دی‌سولفیدی بین و داخل مولکولی می‌باشند که باعث لزجی و حالت ارتجاعی می‌شوند. لوکوس Glu-D1 بیشترین اثر را بر روی خصوصیات مرتبط با کیفیت دارد (۳-). تریتیکاله‌های هگزاپلوئید نه تنها فاقد ژنهای Glu-D1 برای کیفیت هستند بلکه تریتیکاله‌های نوع کامل پروتئین‌های آندوسپرمی سکالین شامل Sec-1 روی 1RS، Sec-2 روی 2RLو Sec-3 روی 1RL ژنوم چاودار را نیز حامل می باشند که بسیاری از صفات نامطلوب مرتبط با کیفیت از این بخش پروتئینی ناشی می‌شود (۱۷). در میان آزمایشات مختلف برای پیش‌بینی ارزش نانوائی، آزمایش رسوب نزدیکترین همبستگی را با استحکام گلوتن و حجم نان نشان داده است و بعنوان نمودی از کیفیت پروتئین می‌تواند مورد استفاده قرار می‌گیرد. وزن حجمی دانه نشان‌دهنده رابطه حجم و وزن است و در تجارت بین‌المللی غلات یکی از عوامل مؤثر در قیمت گذاری و ارزیابی راندمان آسیاب می‌باشد. وزن حجمی دانه نه تنها حاکی از میزان پربودن دانه‌ها و عملکرد آرد حاصل از آندوسپرم دارد بلکه به ارزش نانوایی آن نیز مرتبط است. سطح، فرم و یکنواختی دانه از عوامل مؤثر در وزن حجمی دانه بشمار می‌آید. به طوری که دانه های صاف، گرد و یکنواخت وزن حجمی دانه بیشتر و دانه‌های چروکیده و دراز وزن حجمی دانه کمتری دارند (۲۲).

در گیاهان خودگشن سیستم دابل‌هاپلوئیدی می‌تواند مستقیماً جهت تولید ارقام جدید مورد استفاده قرار گیرد، زیرا هر لاین دابل-هاپلوئید تولید شده پتانسیل تبدیل به یک رقم جدید را دارد. به طور کلی مزایای اصلی سیستم دابل‌هاپلوئیدی در مقایسه با روش‌های متداول اصلاحی، سرعت بخشیدن به برنامه‌های اصلاحی و افزایش کارایی انتخاب می‌باشد (۲-). در بررسی لاین‌ها و هیبریدهای F_1 تریتیکاله هگزاپلوئید زمستانه، همبستگی مثبت و معنی داری میان محتوی کلروفیل و تولید دانه گزارش شده است (۱۱). سینگ و همکاران (۲۰) رابطه بین عملکرد دانه را با مساحت برگ پرچم در گندم و تریتیکاله مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند، کاشیف و خلیق (۱۲) این رابطه را مثبت ولی غیرمعنی‌دار در گندم گزارش کردند. نادری و همکاران (۶-) با ارزیابی ۱۶ ژنوتیپ گندم بهاره نشان دادند که عملکرد پروتئین کل و عملکرد دانه به ترتیب بالاترین همبستگی را با عملکرد و پروتئین دانه دارا می‌باشد. طبق گزارش اسلامی و همکاران (۱-) در گندم دوروم بین ارتفاع رسوب SDS و محتوی پروتئین همبستگی وجود ندارد. این مطالعه با هدف ارزیابی ۱۸ لاین تریتیکاله مشتمل بر ۹ لاین دابل هاپلوئید و ۹ لاین اصلاحی پیشرفته معادل، از لحاظ صفات فیزیولوژیک و صفات مرتبط با کیفیت دانه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در منطقه لورک نجف آباد انجام شد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۶۳۰ متر است. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی است. در این تحقیق تعداد ۱۸ لاین مشتمل بر۹ لاینF_6 و ۹ لاین دابل هاپلوئید حاصل از تلاقی TW Polony Q × 179 در یک طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌هایF_6 با شماره ۱ تا ۹ و لاین‌های دابل‌هاپلوئید با شماره۱۰ تا ۱۸ نشان داده شده‌اند. لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۱۲ با عنوان رقم الینور در استرالیا معرفی شده است (۸). هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف به طول ۲ متر و فاصله خطوط ۲۵ سانتی متر بود. فاصله کرت های آزمایشی ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. در زمان به ساقه‌رفتن بوته‌ها مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. کاشت در تاریخ ۱۰ اسفند ماه انجام شد. عملیات زراعی به طور معمول انجام شد و علف‌های هرز به طور دستی کنترل شدند. صفاتی نظیر طول و عرض برگ پرچم در هر کرت آزمایشی با رعایت اثر حاشیه مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، در زمان رسیدگی کامل، بوته‌های دو ردیف میانی هر واحد آزمایشی با حذف اثر حاشیه برداشت و پس از خرمن‌کوبی و بوجاری ، عملکرد دانه بر حسب کیلو-گرم در هکتار محاسبه گردید. سطح برگ پرچم بر مبنای فرمول پیشنهادی مولر (۱۴) به صورت روبه رو محاسبه شد:

مساحت برگ = طول برگ ×عرض برگ × ۰/۷۵

برای اندازه گیری محتوی کلروفیل از روش آرنون (۷) استفاده شد. میزان جذب نوری عصاره‌های کلروفیل تهیه شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر خوانده شد. وزن حجمی دانه بر اساس وزن یک لیتر از دانه‌ها بر حسب کیلوگرم در هکتولیتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوی پروتئین بر روی نمونه‌های آرد، با استفاده از دستگاه کجلدال درصد پروتئین موجود در آرد به طور مستقیم تعیین گردید. برای اندازه‌گیری حجم رسوب SDS از روش پرستون و همکاران (۱۸) استفاده شد. اندازه‌گیری مقدار گلیادین و مقدار کل پروتئین‌های آرد از روش ساچی و همکاران (۲۱) با استفاده از اسپکتروفتومترانجام شد.

از تفاضل مقدار کل پروتئین‌های آرد (TSP) و بخش گلیادین (50PS)محتوای گلوتنین و سکالین (50PI) تعیین گردید. داده‌های

حاصل از اندازه‌گیری صفات به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و اجزای واریانس محیطی و ژنتیکی بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد گردید. مقایسات میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD)، و به منظور مقایسه لاین‌های دابل‌هاپلوئید و F۶ خواهری آنها از مقایسات متعامد (اورتوگنال) استفاده گردید. برآورد وراثت پذیری صفات از طریق فرمول ذیل محاسبه شد (۴-).

$$H = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}}$$

در فرمول فوق σ_g^2 برآورد واریانس ژنتیکی و σ_e^2 برآورد واریانس خطا در جدول تجزیه واریانس می‌باشد. به منظور محاسبه همبستگی ژنتیکی، ابتدا ماتریس واریانس- کوواریانس ژنوتیپ ها و خطای آزمایشی بدست آمدند و سپس با توجه فرمول زیر همبستگی ژنتیکی بین صفات محاسبه شد (۴).

$$r_g = \frac{\mathrm{cov}_g\, x_1 x_2}{\sqrt{\sigma_g^2 x_1 . \sigma_g^2 x_2}}$$

از میانگین هر صفت در چهار تکرار در تجزیه رگرسیون گام به گام استفاده شد و آن دسته از صفاتی که بیشترین تأثیر را بر درصد پروتئین دانه داشتند مشخص شدند. جهت تجزیه آماری داده ها از نرم افزار آماری SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات به جز صفات حجم رسوب SDS در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). لاین های F۶ در مقایسه با لاین‌های دابل‌هاپلوئید تفاوت معنی‌داری را در تمامی صفات به جزء حجم رسوبSDS، وزن حجمی دانه، گلیادین و طول برگ پرچم نشان دادند. مقایسه میانگین صفات در بین لاین‌های مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین طول و عرض برگ پرچم به ترتیب به لاین‌هایF۶ شماره ۸ و ۴ اختصاص داشت. عرض برگ پرچم در لاین‌های F۶ میانگین بالاتری از لاین‌های دابل‌هاپلوئید داشت ولی طول برگ پرچم در بین لاین‌هایF۶ و دابل‌هاپلوئید تفاوت معنی‌داری نداشت. مساحت برگ پرچم نیز یکی از صفات مرتبط با عملکرد بشمار می‌آید و اهمیت آن در گندم به عنوان اساسی‌ترین منبع تولید مواد فتوسنتزی و تشکیل ماده خشک دانه مورد تأئید قرار گرفته است. لاین F۶ شماره ۹ با میانگین ۱۵/۵۸ سانتی‌متر مربع بیشترین و لاین دابل‌هاپلوئید ۱۵ با میانگین ۱۲/۰۵ سانتی‌متر مربع کمترین مساحت برگ پرچم را دارا بودند. لاین‌های F۶ مساحت برگ پرچم بیشتری از لاین‌های دابل-هاپلوئید داشتند (جدول ۲). متوسط کلروفیل a، b و a+b در کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی به ترتیب ۰/۵۲، ۰/۳۹ و ۰/۸ میلی‌گرم در یک گرم برگ بود. لاینF۶ شماره ۸ بالاترین و لاین دابل‌هاپلوئید ۱۶ کمترین محتوی کلروفیل a، b و a+b را داشتند. در کل محتوی کلروفیلی لاین‌های F۶ از لاین‌های دابل‌هاپلوئید بالاتر بود.

لاین F۶ شماره ۳ با میانگین ۱۸/۳ درصد بیشترین محتوی پروتئین را داشت و لاین دابل‌هاپلوئید ۱۶ با میانگین ۱۳/۸۸ کمترین میزان این صفت را دارا بود. لاین‌های F۶ با میانگین ۱۶/۶ درصد محتوی پروتئین بیشتری از لاین‌های دابل‌هاپلوئید با میانگین ۱۶ درصد را داشتند. تاهور و همکاران (۲۲) دامنه ۹/۷ تا ۱۴/۵ درصد محتوی پروتئین را برای ارقام تریتیکاله گزارش کرد. لئون وهمکاران (۱۳) گزارش کردند، بهترین کیفیت نان تریتیکاله با محتوی پروتئین کمتر بدست می‌آید. در نتیجه می‌توان گفت به ترتیب لاین‌های دابل-هاپلوئید ۱۶، ۱۷ و ۱۸ بهترین کیفیت از نظر محتوی پروتئین برای تهیه نان را دارا هستند. میانگین پروتئین آرد با روش اسپکتروفتومتری (TSP) در ژنوتیپ‌های مورد بررسی ۰/۵۶ بود. لاین F۶ شماره ۵ با میانگین ۰/۶۷ بیشترین و لاین F۶ شماره ۸ با میانگین ۰/۴۶ کمترین میزان این صفت را دارا بودند. پروتئین آرد لاین‌های ۶ Fبا میانگین ۰/۵۹ از لاین‌های دابل هاپلوئید با میانگین ۰/۵۴ برتر بودند. ساچی و همکارن (۲۱) محتوی کل پروتئین در گندم را در دامنه ۰/۶۷- ۰/۳ گزارش کردند. میانگین گلیادین (50PS) در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ۰/۲۷ و میانگین گلوتنین - سکالین (50PI) ۰/۲۸ بود. لاین دابل‌هاپلوئید ۱۰ و لاینF۶ ۵ به ترتیب با میانگین ۰/۴۴ و ۰/۴ بالاترین محتوی گلیادین، گلوتنین و سکالین را دارا بودند. لاین دابل‌هاپلوئید ۱۴ و لاین F۶ ۸ با میانگین ۰/۲ به ترتیب کمترین محتوی گلیادین، گلوتنین و سکالین را دارا بودند. لاین‌های ۶ Fبا میانگین ۰/۳۱ محتوی گلوتنین و سکالین بالاتری نسبت به لاین-های دابل هاپلوئید با میانگین ۰/۲۶ داشتند، اما مقدار گلیادین در بین لاین‌های F۶ و دابل‌هاپلوئید تفاوت معنی‌داری نداشت. ساچی و همکاران (۲۱) محتوی گلیادین و گلوتنین را به ترتیب در دامنه ۰/۴۶-۰/۳۲ و ۰/۲۳-۰/۰۶ در گندم گزارش کردند. میانگین حجم رسوب SDS در ژنوتیپ‌های مورد بررسی ۹/۰۷ میلی‌لیتر بود. لاین دابل‌هاپلوئید ۱۴ با میانگین ۱۰/۸۲ میلی‌لیتر بیشترین و رقم دابل هاپلوئید الینور با میانگین ۷/۹۳ میلی‌لیتر کمترین رسوب SDS را داشت. لاین‌های F۶ و دابل‌هاپلوئید از نظر این صفت تفاوت معنی-داری نداشتند. حجم بالای رسوب SDS نشان‌دهنده قوی بودن گلوتن و ارتفاع پایین نشان دهنده ضعیف بودن آن است.

بنابراین لاین دابل‌هاپلوئید ۱۴ از کیفیت دانه بالاتری نسبت به سایر لاین‌ها برخوردار بوده است. تاهور و همکاران (۲۲) گزارش کردند، میزان رسوب SDS در رقم‌های تریتیکاله در محدوده‌ای بین ۱۰/۵ تا ۲۱ میلی‌لیتر قرار دارد. با توجه به اینکه حجم رسوب SDS در تریتیکاله بسیار پایین بود به تنهایی نمی‌توان از آرد آن در تهیه نان استفاده کرد و باید به صورت مخلوط با آرد گندم استفاده شود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و صفات مرتبط با کیفیت دانه در ۹ لاین دابل‌هاپلوئید و ۹ لاین خواهری پیشرفته اصلاحی تریتیکاله (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	مساحت برگ پرچم	محتوی کلروفیل a	محتوی کلروفیل b	محتوی کلروفیل a+b	درصد پروتئین (بحلدال)	پروتئین آرد†	گلیادین†	گلوتنین - سکالین†	حجم رسوب SDS	وزن حجمی دانه	عملکرد دانه
تکرار	۳	۰/۴۲ ns	۰/۰۰۱۳ ns	۰/۸۵ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۱۳ ns	۲/۶۷ **	۳×۱۰$^{-۵}$ ns	۰/۰۰۶۲ ns	۹۲×۱۰$^{-۵}$ ns	۰/۴۳ ns	۴/۹ ns	۲۷۲۹۶۷۵ **
لاین‌های F6	۸	۳/۲۳ ns	۰/۰۳ **	۶/۸۱ **	۰/۳۲ **	۰/۱۸ **	۰/۷۵ **	۵/۳۱ **	۰/۰۱۶ **	۰/۰۰۹۸ ns	۰/۰۱۶ **	۲/۱۷ ns	۱۱۲/۵۲ **	۶۶۷۱۶۳۶۲ **
لاین‌های DH	۸	۵/۵۷ ns	۰/۰۲ **	۶/۸۲ **	۰/۳۳ **	۰/۱۹ **	۰/۷۸ **	۹/۲۲ **	۰/۰۱ **	۰/۰۱۹ **	۰/۰۰۳ ns	۴/۱۶ ns	۲۷/۷۷ **	۵۸۵۸۹۴۴۱ **
vs F6 DH	۱	۰/۱۲ ns	۰/۰۳۷ **	۶/۲۷ **	۰/۲۵۶ **	۰/۱۳۶ **	۰/۵۶۱ **	۶/۲۶ **	۰/۰۵۳ **	۰/۰۹۱ ns	۰/۰۴۴ **	۰/۰۱ ns	۱۴/۷۶ ns	۶۹۴۶۳ **
خطای آزمایشی	۵۱	۰/۱۸	۰/۰۰۲	۰/۵۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۲۵	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۳	۰/۰۷	۹/۵۷	۴۹۹۸۸۶
ضریب تنوع فنوتیپی		۶/۶	۷	۹/۵	۵۵/۲	۵۴/۴۸	۵۴/۳	۸/۲	۱۱/۲	۲۱/۴۳	۱۹/۳۹	۹/۳۸	۶/۴۲	۲۹/۵
ضریب تنوع ژنتیکی		۶/۵	۶	۹/۱	۵۵/۱	۵۴/۲	۵۴	۸	۱۰/۳	۱۷/۲	۱۶/۶۸	۵	۵/۹	۲۴
وراثت پذیری		۹۵	۹۳	۹۱/۴	۹۹	۹۹	۹۹	۹۶/۵	۸۵/۲	۶۴/۵	۷۶	۲۸/۳	۸۵/۶	۶۱

† تعیین شده با روش اسپکتروفتومتری

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم اختلاف معنی‌دار در همین سطوح

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات فیزیولوژیک و صفات مرتبط با کیفیت دانه در ۱۸ لاین تریتیکاله مورد مطالعه

ژنوتیپ	طول برگ پرچم (سانتی متر)	عرض برگ پرچم (سانتی متر)	مساحت برگ پرچم (سانتی‌متر مربع)	محتوی کلروفیل a (میلی گرم در گرم)	محتوی کلروفیل b (میلی گرم در گرم)	کلروفیل a+b (میلی گرم در گرم)	محتوی پروتئین (کجلدال)(٪)	محتوی پروتئین آرد	گلیادین	گلوتنین و سکالین	حجم رسوب SDS (میلی لیتر)	وزن حجمی دانه (کیلوگرم در هکتولیتر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۱	۱۴/۴۷h	۱/۱۶ef	۱۲/۶۲e	۰/۷۸b	۰/۶c	۱/۲c	۱۷/۵۶bcd	۰/۶۴۰a	۰/۳۳bc	۰/۳۱cde	۸/۸۲a-d	۶۰/۸۷d-g	۳۰۲۵h
۲	۱۵/۴۲de	۱/۱۲ef	۱۳/۰۵de	۰/۳۵cd	۰/۲۵de	۰/۵۲d	۱۶/۶۷ef	۰/۵۳۰def	۰/۲۵cd	۰/۲۹c-f	۸/۶۶bcd	۶۴/۱۸cde	۵۸۵۱bc
۳	۱۴/۳۵h	۱/۱۲ef	۱۲/۲۶e	۰/۲۲e	۰/۲ef	۰/۳۹e	۱۸/۳۰a	۰/۶۰۰abcd	۰/۳۳bc	۰/۲۶d-g	۱۰/۶۲ab	۶۰/۲۱efg	۳۳۰۱gh
۴	۱۵/۱۸efg	۱/۳۵a	۱۵/۳۷a	۰/۸۹a	۰/۶۸a	۱/۳۷a	۱۷/۲۲abc	۰/۶۴۰a	۰/۲۵cd	۰/۳۹ab	۸/۷۲bcd	۶۳/۶۸cde	gh۳۶۴۱
۵	۱۴/۶gh	۱/۱۶ef	۱۲/۷۳e	۰/۳۵cd	۰/۲۶d	۰/۵۲d	۱۶/۵۸f	۰/۶۶۸a	۰/۲۶cd	۰/۴۰a	۹/۶۷a-d	۶۲/۲۲def	۴۰۸۹fgh
۶	۱۵/۳۴def	۱/۳۵a	۱۵/۴۹a	۰/۹a	۰/۶۸a	۱/۳۸a	۱۶/۹۲def	۰/۶۱۹ab	۰/۳bcd	۰/۳۳bcd	۹/۱۸a-d	۵۹/۱۴fg	۳۵۵۴fgh
۷	۱۵/۲۱d-g	۱/۳۱ab	۱۴/۹۷ab	۰/۳۹cd	۰/۲۹d	۰/۵۹d	۱۵/۳۱g	۰/۶۱۰abc	۰/۲۶cd	۰/۳۵abc	۸/۸۲a-d	۶۲/۰۴d-g	۳۴۷۷fgh
۸	۱۶/۸۲a	۱/۱۲f	۱۴/۲bc	۰/۹۱a	۰/۶۹a	۱/۳۹a	۱۵/۵۷g	۰/۴۶۰g	۰/۲۶cd	۰/۲۰g	۸d	۷۶/۲۲a	۵۵۹۱c
۹	۱۶/۷۲ab	۱/۲de	۱۵/۰۵ab	۰/۳Acd	۰/۳c	۰/۶۱d	۱۵/۰۰gh	۰/۵۵۰b-e	۰/۳۹ab	۰/۲۷c-g	۹/۲۵a-d	۶۸/۵۸b	۷۱۸۰a
۱۰	۱۴/۳h	۱/۱۵ef	۱۲/۳۴e	۰/۲۳e	۰/۱۹f	۰/۳۷e	۱۸/۱۷ab	۰/۶۶۰a	۰/۴۴a	۰/۲۲fg	۸/۰۵cd	۵۷/۷۹g	۲۶۳۱h
۱۱	۱۳/۱۱i	۱/۲۴cd	۱۲/۲۲e	۰/۸۸a	۰/۶۷ab	۱/۳۵ab	۱۷/۵۹a-d	۰/۵۳۰def	۰/۲۵cd	۰/۲۶d-g	۱۰/۰۵abc	۶۲/۳۱def	۴۳۳۸def
۱۲	۱۵/۲efg	۱/۲۸bc	۱۴/۶abc	۰/۲۲e	۰/۱۷f	۰/۳۴e	۱۷/۳۷cde	۰/۵۴۰c-f	۰/۲۹bcd	۰/۲۵d-g	۷/۹۳d	۶۷/۱۱bc	۳۴۵۱fgh
۱۳	۱۴/۸fgh	۱/۱f	۱۲/۲۱e	۰/۸۲b	۰/۶۴abc	۱/۲۷abc	۱۵/۶۵g	۰/۵۲۵efg	۰/۲۴cd	۰/۸c-g	۹/۸a-d	۶۴/۰۹cde	۵۲۹۹cd
۱۴	۱۵/۸۲cd	۱/۱f	۱۳/۰۵de	۰/۳۵d	۰/۲۵de	۰/۵۲d	۱۵/۵۰g	۰/۵۱۰efg	۰/۲۰d	۰/۳۰cde	۱۰/۸۲a	۶۱/۶۳d-g	۵۷۰۱bc
۱۵	۱۴/۶۱gh	۱/۱f	۱۲/۰۵e	۰/۸b	۰/۶۲bc	۱/۲۴bc	۱۶/۸۳ef	۰/۵۲۰efg	۰/۲۶cd	۰/۲۴efg	۸/۹۷a-d	۶۴/۲۹b-e	۵۰۷۲cde
۱۶	۱۶/۶۲ab	۱/۲۵bcd	۱۵/۵۸a	۰/۲e	۰/۱۵f	۰/۳۱e	۱۳/۸۸i	۰/۴۷۰fg	۰/۲۶cd	۰/۲۲fg	۸/۱۸cd	۶۲/۲۶def	۶۶۰۶ab
۱۷	۱۶/۲bc	۱/۲de	۱۴/۵۸abc	۰/۴c	۰/۲۹d	۰/۵۹d	۱۴/۳۰hi	۰/۵۳۰efg	۰/۲۱d	۰/۳۰cde	۹/۱۷۵a-d	۶۴/۹۰bcd	۶۶۶۰ab
۱۸	۱۶/۶۵ab	۱/۱f	۱۳/۸۳cd	۰/۲۲e	۰/۱۹ef	۰/۳۹e	۱۵/۰۴g	۰/۵۴۰def	۰/۲۶cd	۰/۲۷c-g	۸/۵۶cd	۶۴/۶۱bcd	۵۵۳۲c

در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD(0.05) معنی دار نیست.

میانگین وزن حجمی دانه در ژنوتیپ‌های مورد آزمایش ۶۳/۷۰ کیلوگرم در هکتولیتر بود. لاین F۶ شماره ۸ با میانگین ۷۶/۲۲ کیلو گرم درهکتولیتر بیشترین و لاین دابل‌هاپلوئید ۱۰ با میانگین ۵۷/۷۹ کیلوگرم در هکتولیتر کمترین وزن حجمی دانه را داشت. لاین‌های ۶ F با متوسط ۶۴/۱۲ وزن حجمی دانه بالاتری از لاین‌های دابل هاپلوئید با متوسط ۶۳/۲۲ کیلوگرم در هکتولیتر داشتند (جدول ۲). لاین F۶ شماره ۹ با میانگین ۷۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و لاین دابل‌هاپلوئید ۱۰ با میانگین ۲۶۳۱ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند. میانگین عملکرد دانه رقم دابل‌هاپلوئید الینور(۱۲) ۳۴۵۱کیلوگرم در هکتار بود. لاین‌های دابل‌هاپلوئید با میانگین ۵۰۳۳ عملکرد دانه بالاتری از لاین‌های F۶ با میانگین ۴۴۱۱ کیلوگرم در هکتار داشتند. همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات در جداول ۳ آورده شده است. در اغلب موارد مقادیر همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بهم نزدیک بود، در حالی که در بعضی موارد تفاوت بین این دو همبستگی نسبتا زیاد بود که اهمیت اثرات محیطی را در برآورد این عامل نشان می‌دهد. همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی محتوی پروتئین دانه و محتوی پروتئین آرد با عملکرد دانه منفی و معنی دار بود. بدین ترتیب با افزایش عملکرد دانه، کیفیت دانه کاهش می یابد. مبصر و شاهمرادی (۵-) همبستگی منفی و بسیار معنی داری بین پروتئین و عملکرد دانه در جوگزارش کردند. عملکرد دانه با طول برگ پرچم همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی داری داشت. همبستگی محتوی گلیادین و گلوتنین- سکالین منفی و بسیار معنی‌دار بود. این دو جزء پروتئینی رابطه معکوسی داشته و با افزایش محتوی گلیادین محتوی گلوتنین- سکالین کاهش می‌یابد. محتوی کل پروتئین آرد (TSP) همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی‌داری با هر دو جزء پروتئینی داشت. حجم رسوب SDS و محتوی پروتئین همبستگی معنی-داری نداشتند. طبق گزارش اسلامی و همکاران (۱) در گندم دوروم نیز بین ارتفاع رسوب SDS و محتوی پروتئین همبستگی وجود ندارد. همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی بین محتوی کلروفیل a، b و a+b مثبت و بسیار معنی‌دار بود. طول و مساحت برگ پرچم همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و بسیار معنی‌داری با یکدیگر داشتند. در مجموع لاین‌های F۶ در صفات مرتبط با کیفیت دانه و خصوصیات فیزیولوژیک از لاین‌های دابل‌هاپلوئید برتر بودند.

جدول۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی (اعداد پایین قطر) و ژنتیکی(اعداد بالای قطر) بین صفات در ۱۸ لاین ترینتیکاله

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱- محتوی پروتئین دانه	۱	۰/۱۷	-۰/۴	۰/۶۴	۰/۵۷	۰/۰۶	-۰/۸	۰/۱۱	-۰/۴۸	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۲۴	-۰/۸۴
۲- رسوب SDS	۰/۰۶ ns	۱	-۰/۶۶	-۰/۰۲	-۰/۵	۰/۵۹	-۰/۶۳	-۰/۴۳	-۰/۷۸	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹
۳- وزن حجمی دانه	-۰/۳۴**	۰/۱۷ ns	۱	-۰/۶۸	-۰/۳۴	-۰/۳	۰/۶۲	-۰/۲	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۵۴
۴- پروتئین آرد	۰/۵**	۰/۱۱ ns	-۰/۴۷**	۱	۰/۶	۰/۶۴	-۰/۵۵	۰/۳۹	-۰/۰۸	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۸۲
۵- گلیادین	۰/۲۳ ns	-۰/۱۱ ns	-۰/۰۸ ns	۰/۳۵**	۱	-۰/۲۱	-۰/۲۲	۰/۰۲	-۰/۱۲	-۰/۲۶	-۰/۲۳	-۰/۲۴	-۰/۴۴
۶- گلوتنین و سکالین	۰/۱۲ ns	۰/۱۷ ns	-۰/۲۷ ns	۰/۵۶**	-۰/۳۸**	۱	-۰/۲	۰/۴۸	۰/۲۲	۰/۱۴	۰/۱	۰/۱	-۰/۳
۷- طول برگ پرچم	-۰/۶۹**	-۰/۲۳*	۰/۴۵**	-۰/۴۱**	-۰/۱۲ ns	-۰/۱۱ ns	۱	۰/۰۸	۰/۶۴	-۰/۲۷	-۰/۲۷	-۰/۲۷	۰/۷
۸- عرض برگ پرچم	۰/۰۳ ns	-۰/۱۴ ns	-۰/۱ ns	۰/۱۹ ns	-۰/۰۱ ns	۰/۲۳*	۰/۰۲ ns	۱	۰/۷	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۷	-۰/۳۶
۹- ساحت برگ پرچم	-۰/۴۲**	-۰/۲۵*	۰/۲۱ ns	-۰/۱۲ ns	-۰/۰۹ ns	۰/۰۹ ns	۰/۶۷**	۰/۷۵**	۱	-۰/۰۶	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۰/۲۱
۱۰- کلروفیل a	-۰/۲ ns	۰/۰۴ ns	۰/۱۷ ns	-۰/۰۰۳ ns	-۰/۱۵ ns	۰/۱ ns	-۰/۲۴*	۰/۱۶ ns	-۰/۰۴ ns	۱	۰/۹۸	۰/۹۸	-۰/۱۴
۱۱- کلروفیل b	-۰/۲۳ ns	۰/۰۴ ns	۰/۱۵ ns	-۰/۰۲ ns	-۰/۱۱ ns	۰/۱ ns	-۰/۲۵*	۰/۱۳ ns	-۰/۰۷ ns	۰/۹۸**	۱	۰/۹۹	-۰/۱۵
۱۲- کلروفیل a+b	-۰/۲۲ ns	۰/۰۵ ns	۰/۱۵ ns	-۰/۰۱ ns	-۰/۱۲ ns	۰/۱ ns	-۰/۲۵*	۰/۱۴ ns	-۰/۰۶ ns	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۱	-۰/۱۴
۱۳- عملکرد دانه	-۰/۷۱**	-۰/۰۷ ns	۰/۴**	-۰/۵۹**	-۰/۲۶ ns	-۰/۱۸ ns	۰/۶۸**	-۰/۱۶ ns	۰/۳۲**	-۰/۱۲ ns	-۰/۱۴ ns	-۰/۱۳ ns	۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم اختلاف معنی‌دار در همین سطوح

منابع

۱- اسلامی، م.، ع. میرمحمدی میبدی و ا. ارزانی.۱۳۸۴. ارزیابی خصوصیات کیفی دانه و قابلیت توارث آنها در ژنوتیپ های گندم دوروم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،جلد۹ ، شماره ۱: ۱۲۸-۱۲۱.

۲- بختیار، ف. و ر. بزرگی پور. ۱۳۷۹. بررسی کیفیت نانوایی لاین‌های دابل‌هاپلوئید گندم با استفاده از روش الکتروفورز پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر.

مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۴، شماره ۲ : ۷۹۸-۷۸۵.

۳- توحیدفر، ق. و س. عبدمیشانی. ۱۳۷۸. بررسی زیر واحدهای با وزن مولکولی بالا (گلوتنین) و چند صفت کیفی مهم در دانه گندم و روابط آنها از طریق روشهای آماری چند متغیره. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد۳۰، شماره ۴: ۷۱۶-۷۰۹.

۴- فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات (جلد۱). دانشگاه رازی.

۵- مبصر، ص. و ح. شاهمرادی. ۱۳۷۵. تعیین همبستگی درصد پروتئین دانه جو با عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی با استفاده از تجزیه علیت. مجله نهال وبذر، جلد۱۲ ، شماره ۲: ۳۵۹-۳۴۷.

۶- نادری، ا.، ق. نور محمدی، ا. مجیدی هروان، ا. هاشمی دزفولی و ع. رضایی. ۱۳۸۰. مطالعه همبستگی و تجزیه مسیر عملکرد پروتئین دانه و صفات وابسته به آن در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی بعد از گرده افشانی. مجله علوم کشاورزی، جلد۷، شماره ۳: ۱۴-۱.

7- Arora, A., R. K. Sairam and G. C. Srivastava. 2002. Oxidative stress and antioxidative systems in plants. Curr. Sci. 82: 1227-1238.

8- Arzani, A. and N. L. Darvey. 2002. Comparison of doubled haploid lines and their mid- generation progenitors in forage and dual- purpose triticales under greenhouse hydroponic conditions. Euphytica 126: 219-225.

9- Boleslaw, P., S. Wicz and M. Dylewicz. 2007. Identification and characterization of high- molecular- weight glutenin genes in Polish triticale cultivars by PCR- based DNA markers. J. Appl. Genet. 48: 347-357.

10- FAO. 2007. FAOSTAT. Available online at: http:// WWW. faostat.org/. Accessed 20 April 2009.

11- Kabanova, S. N. and M. T. Chaika. 2001. Correlation analysis of triticale morphology, chlorophyll content and productivity. J. Agron. Crop Sci. 186: 281-285.

12- Kashif, M. and I. Khaliq. 2004. Heritability, correlation and path coefficient analysis for some metric traits in wheat. Int. J. Agric. Biol. 6: 138-142.

13- Leon. A. E., A. Rubiolo and M. C. Anon. 1996. Use of triticale flours in cookies: Quality factors. Cereal Chem. 73: 779-784.

14- Muller, G. 1991. Determining leaf water surface area by means of linear measurement in wheat and triticale. Novernytermuless 40: 141-152.

15- Oelke, E. A., E. S. Oplinger, and M. A. Brinkman. 1989. Triticale. In: Alternative Field Crops Manual. Univ. Wisconsin, CES, Madison, WL, Univ. Minnesota CES. St. Paul.

16- Oettler, G. 2005. Centenary review. The fortune of a botanical curiosity- triticale: Past, Present and Future. J. Agric. Sci. 143: 329-346.

17- Pena, R. and A. Amaya. 1992. Milling and bread making properties of wheat- triticale grain blends. Cereal Res. Commun. 60: 483-487.

18- Preston, K. R., P. R. March and K. H. Tipples. 1982. An assessment of the SDS- sedimentation test for the prediction of Canadian bread wheat quality. Can. J. Plant Sci. 62: 545-553.

19- Saldivar, S. O., S. G. Flores and R. V. Rios. 2004. Potential of triticale as substitute for wheat in flour tortilla production. Cereal Chem. 81: 220-225.

20- Singh, K. N., S. P. Singh and G. S. Singh. 1995. Relationship of physiological attributes with components in bread wheat (*Triticum aestivium* L.) under rainfall condition. Agric. Sci. Digest. 15: 11-14.

21- Suchy, G., O. M. Lukow, D. Brown, R. DePauw, S. Fox and G. Humphreys. 2007. Rapid assessment of glutenin and gliadin in wheat by UV spectrophotometer. Crop Sci. 47: 91-99.

22- Tohver, M., A. Kann, R. That, A. Mihhalevski and J. Hakman. 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread- making in northern condition. Food Chem. 89: 125-132.

23- Varughese, G., W. H. Pfeiffer and R. J. Pena. 1996. Triticale: a successful alternative crop. Cereal Foods World, 41: 474-482, 635-645.