ارزیابی کیفیت دانه لاین‌های تریتیکاله تحت شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل

ابوالقاسم اکبریان، احمد ارزانی* و مریم صالحی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۱۶)

چکیده

ایجاد ارقام متحمل به خشکی تحت شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک به عنوان مهم‌ترین هدف اصلاحی مطرح می‌باشد. کیفیت دانه، صفت فیزیکی- شیمیایی پیچیده‌ای است که عمدتاً وابسته به ژنوتیپ بوده و از محیط و برهمکنش آنها نیز تأثیر می‌پذیرد. به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی انتهای فصل بر کیفیت دانه ۱۸ لاین تریتیکاله، شامل ۹ لاین دابل‌هاپلویید و ۹ لاین F_{7-8} به همراه دو رقم گندم نان (روشن و کویر)، دو آزمایش جداگانه (بدون تنش و با تنش خشکی) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طی سال‌های زراعی ۸۸-۱۳۸۶ اجرا شد. هر دو طرح آزمایشی تا اواسط مرحله به ساقه رفتن، به طور یکسان و همزمان آبیاری شدند و بعد از آن تنش خشکی اعمال شد. در این آزمایش، خصوصیاتی نظیر مقدار گلوتنین، گلیادین، نسبت گلیادین/گلوتنین، محتوای گلوتن خشک، حجم رسوب SDS، محتوای پروتئین، محتوای کربوهیدرات، محتوای خاکستر، وزن حجمی دانه و عملکرد دانه ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که لاین‌های تریتیکاله تحت شرایط تنش خشکی از لحاظ عملکرد دانه و ارقام گندم مورد مطالعه از لحاظ صفات مرتبط با کیفیت دانه برتری داشتند. عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری در شرایط بدون تنش با محتوای پروتئین دانه ($r= -۰/۵۶^{**}$) و تحت شرایط تنش خشکی با وزن حجمی دانه ($r= -۰/۶۷^{**}$) داشت. بر همین اساس، ممکن است ژنوتیپ‌هایی با وزن حجمی دانه و محتوای پروتئین بیشتر در شرایط تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تأثیر بیشتری از خشکی پذیرفته باشند. به طور کلی، بر اساس نتایج پژوهش حاضر، لاین دابل‌هاپلویید شماره ۲ تریتیکاله تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل دارای برترین کیفیت دانه و سازگاری بیوشیمیایی بوده است.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، کیفیت دانه، لاین‌های دابل‌هاپلویید

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a_arzani@cc.iut.ac.ir

مقدمه

خشکی از جمله تنش‌های فیزیکی است که به علت تنوع زیاد شرایط بارندگی به‌عنوان مهمترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در ایران شناخته شده است (۲۶). تلاش‌های زیادی در زمینه ایجاد غلات جدید با عملکرد و سازگاری بیشتر صورت گرفته است که تنها نمونه موفق آن تاکنون تریتیکاله بوده است (۳۰). تریتیکاله گونه گیاهی ایجاد شده از تلاقی میان گندم و چاودار به‌وسیله انسان است (۱۸). تولید تجاری تریتیکاله بیش از ۴۰ سال پیش آغاز شده است. این گیاه به‌عنوان دورگ، حاصل تلاقی گندم و چاودار، از یک سو دارای خصوصیات مطلوب چاودار از جمله رشد سریع، مقاومت در مقابل سرما و امراض و بیماری‌های گیاهی و قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم‌بازده و از سوی دیگر خصوصیات برتر کیفی و زراعی گندم از قبیل پتانسیل عملکرد زیاد و کیفیت مطلوب دانه می‌باشد (۱۲). هدف از اصلاح تریتیکاله ایجاد ارقام تجاری تریتیکاله می‌باشد که به‌عنوان مکمل گندم و سایر غلات دانه‌ای عمل نموده و همچنین گیاهی سودمند با توانایی افزایش تولید غذا در کشورهای در حال توسعه باشد (۵). ارقام اولیه مقادیر پروتئین بیشتری (حدود ۱۷٪) به سبب داشتن دانه‌های چروکیده نسبت به گندم داشتند. در حالی که ارقام جدید دارای دانه‌های چاق‌تر و سطوح پروتئینی مشابه با گندم می‌باشند (۲۷). مشکل باروری و عملکرد کم دانه ارقام قدیمی‌تر تریتیکاله طی برنامه‌های اصلاحی و انتخاب شدید، افزایش یافته است. به‌طوری که عملکرد دانه در کمتر از ۲۵ سال افزایش چهار برابری داشته است. ارقام امروزی دارای پتانسیل قابل مقایسه‌ای از نظر عملکرد دانه با گندم تحت شرایط ایده‌آل کشت هستند. در تولید تجاری، تریتیکاله بیشتر در شرایط نامطلوب و تنش‌ها کشت می‌شود و به طورکلی می‌توان اظهار نمود که در این شرایط نسبت به گندم و چاودار دارای برتری است (۲۱).

تریتیکاله به‌عنوان غله ایجاد شده از ترکیب ژنوم چاودار و گندم، که ویژگی‌های مطلوب را از هردو والد خود به ارث می‌برد، توجه بسیاری از اصلاح کنندگان نبات را به خود جلب نموده است. کار تحقیقی روی تریتیکاله به سمتی متمایل است که غله‌ای به‌دست آید که با وجود رشد در ارتفاعات مختلف همانند چاودار، محتوای گلوتن و طعم گندم را نیز حفظ نماید (۱۳). یکی از راه‌های بهبود ارزش غذایی و عملکرد غلات، تغییر در ترکیب ژنتیکی آنهاست (۵). ترکیب شیمیایی و کیفیت غذایی تریتیکاله مشابه اجداد آن (گندم و چاودار) می‌باشد (۳۶). تریتیکاله، گلیادین و گلوتنین را از والد مادری (گندم) و سکالین و گلوتنین را از والد پدری (چاودار) دریافت کرده است (۱). آزمایش رسوب، تفاوت‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌ها را از نظر کیفیت پروتئین نشان می‌دهد و رابطه نزدیک با استحکام گلوتن و حجم نان دارد و بدین منوال و با توجه به سرعت و سادگی و نیاز مقدار کمی نمونه، این صفت واجد اهمیت خاص برای اصلاح کننده گندم می‌باشد (۹ و ۲۵). وارگا و همکاران (۳۵) نشان دادند که وزن حجمی دانه (وزن هکتولیتر) در ارقام مختلف گندم کاملاً متفاوت است و ارقامی که دانه‌های چروکیده تولید کرده‌اند، از وزن حجمی کمتری برخوردارند.

توانایی گیاه در زنده ماندن تحت شرایط تنش، به توانایی کربوهیدرات در جذب و نگهداری آب وابسته است که بتواند تکثیر شود (۱۱). طی مطالعه کائو (۱۴) مشاهده شد که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به خشکی در مقایسه با رقم حساس به تنش خشکی، شاخص مناسبی برای نشان دادن پتانسیل مقاومت به خشکی است.

دابل‌هاپلوییدی، نظام واحدی برای تولید لاین‌های کاملاً هموزیگوس از هتروزیگوت در یک نسل را فراهم می‌کند. روش کارآمد کشت دانه گرده و میکروسپور یا دورگ‌گیری بین‌گونه‌ای و نجات جنین برای اغلب غلات ایجاد شده است (۱۸). تریتیکاله پتانسیل بهتری برای اصلاح هیبرید و هتروزیس نسبت به گندم دارد. با توجه به بالا بودن دگرگشنی، استفاده از مزیت هتروزیس بدون دورگ‌گیری نیز امکان پذیر است (۲۲). اصلاح هیبرید و هتروزیس در تریتیکاله در دهه ۱۹۷۰ آغاز شد. سیتوپلاسم گندم تیموفیوی (*Triticum timopheevi*) از گندم

تتراپلوییدکه نرعقیمی در گندم را نشان می‌دهد، در تریتیکاله هم باعث نرعقیمی می‌شود. در سال ۲۰۰۲ لاین‌های نرعقیم در تریتیکاله زمستانه تهیه و گزارش شدند (۲۱).

تریتیکاله در سال‌های ۴۹- ۱۳۴۸ به ایران وارد شد و تحقیقات روی لاین‌ها و ارقام مختلف آن از همان سال‌ها در مؤسسه اصلاح بذر کرج و تعدادی از ایستگاه‌های تحقیقاتی دیگر شروع شد. ولی به دلیل چروکیدگی دانه و عملکرد کم مورد توجه قرار نگرفت. در حال حاضر، ارقام موجود این گیاه، در شرایط زراعی مساوی، قدرت رقابت با پرمحصول‌ترین ارقام گندم را داشته و در مواردی نیز نسبت به این ارقام برتری دارند (۳۳). با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک کشور که تنش رطوبتی آخر فصل باعث کاهش شدید عملکرد گیاهان زراعی می‌شود، تریتیکاله می‌تواند به‌عنوان غله‌ای متحمل به شرایط نامساعد محیطی از جمله خشکی، گرما و شوری به‌عنوان محصول دانه‌ای، علوفه‌ای و دو منظوره مورد کاشت قرار گیرد و جایگاه ویژه‌ای را در کشاورزی ایران به خود اختصاص دهد.

آزمایش حاضر به منظور مقایسه لاین‌های F_{7-8} با لاین‌های دابل‌هاپلوییدخواهری آنها تحت شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی از لحاظ خصوصیات مرتبط با کیفیت دانه و مقایسه تحمل به خشکی تریتیکاله با دو رقم گندم نان (کویر و روشن) اجرا شده است

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی واکنش ۱۸ لاین تریتیکاله مشتمل بر ۹ لاین دابل‌هاپلوییدو ۹ لاین F_{7-8} به همراه دو رقم گندم نان (روشن به عنوان رقم متحمل به خشکی، کویر به عنوان رقم متحمل به شوری (۴))، در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی از لحاظ صفات مرتبط با کیفیت دانه، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طی دو سال زراعی (۸۸-۱۳۸۶) اجرا شد. لاین دابل‌هاپلوییدشماره ۳ با عنوان رقم الینور در کشور استرالیا آزاد شده است. این مزرعه تحقیقاتی در لورک نجف آباد، در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان، در طول جغرافیایی ′۲۳ ˚۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۲ ˚۳۲ شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۳۰ متر است. بر پایه طبقه‌بندی کوپن (۱۵) این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک و خنک، با تابستان‌های خشک است. متوسط بارندگی و دمای منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۵ درجه سلسیوس می‌باشد. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH=۷/۸ می‌باشد. این بررسی در قالب دو آزمایش جداگانه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو محیط تنش و غیرتنش رطوبتی، با دو رژیم رطوبتی مختلف شامل آبیاری براساس ۳± ۷۰ و ۳± ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A انجام شد. عملیات زراعی به طور معمول انجام شد و علف‌های هرز به طور دستی کنترل شدند. صفات در هر کرت آزمایشی با رعایت اثر حاشیه مورد ارزیابی قرارگرفتند. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۳ متر، با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و با تراکم کاشت ۴۰۰ بوته در متر مربع بود. فاصله کرت‌های آزمایشی ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در زمان به ساقه‌رفتن بوته‌ها مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. هر دو طرح آزمایشی تا اواسط مرحله به ساقه رفتن (Mid-joining stage)، به طور یکسان و همزمان آبیاری شدند و بعد از آن آبیاری براساس تبخیر از تشت تبخیر کلاس A انجام شد.

جهت تعیین وزن حجمی دانه، وزن یک لیتر از دانه‌ها با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد و سپس به کیلوگرم در هکتولیتر تبدیل شد.

محتوای پروتئین، کربوهیدرات و خاکستر نمونه‌های آرد با استفاده از دستگاه NIR (مدل ۸۲۰۰ -Perten) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری حجم رسوب SDS از روش پرستون و همکاران (۲۴) استفاده شد. در این روش، از محلول نشانگر که با ۱۰ میلی‌گرم ماده رنگی برموفنل در یک لیتر آب تهیه شد، استفاده گردید. این ماده رنگی باعث تمایز بهتر لایه رسوب و مایع می‌گردد. محلول اسید لاکتیک از حل کردن ۲۰ میلی‌لیتر

اسید لاکتیک ۸۸٪ در آب مقطر به‌دست آمد و حجم محلول به ۱۸۰ میلی‌لیتر رسانده شد. به‌طوری که نسبت ۸:۱ به‌دست آید. برای شروع آزمایش، ۱/۱۲۵ گرم آرد در داخل استوانه مدرج درب‌دار ۲۵ میلی‌لیتری ریخته شد و مراحل اضافه نمودن ۱۲/۵ میلی‌لیتر از محلول اسید لاکتیک – SDS به مواد داخل استوانه برای ۴ بار در بازه‌های زمانی ۱۰۰ ثانیه و حرکت وارون کردن کامل انجام گرفت. بعد از گذشت ۱۰۰ ثانیه چهارم, عمل وارونه کردن برای آخرین مرتبه انجام شد و بعد از گذشت ۱۰ دقیقه حجم رسوب SDS خوانده شد.

برای اندازه‌گیری مقدار گلیادین از روش ساچی و همکاران (۲۹) استفاده شد. بدین ترتیب که ۸ میلی‌گرم آرد در داخل لوله‌های ۱/۵ میلی‌لیتری ریخته و به مقدار ۱/۴۴ میلی‌لیتر محلول پروپانول ۵۰٪ با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به آنها اضافه شد. سپس لوله‌ها ورتکس شدند و به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با دور ۱۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند. نمونه‌ها دوباره ورتکس شدند و به مدت ۲ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با دور g ۱۳۵۰۰ قرار داده شدند و نهایتاً مقدار جذب بخش شناور روی هر لوله در طول موج nm ۲۸۰ با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. در این بخش از محلول، پروپانول ۵۰٪ به عنوان شاهد استفاده شد. این بخش عمدتاً گلیادین (50PS) را تعیین می‌کند.

مقدار پروتئین کل با روش اسپکتروفتومتر تعیین شد. بدین منظور، مراحل ذکر شده برای تعیین گلیادین انجام شدند، اما با این تفاوت که از محلول استخراجی پروپانول ۵۰٪ و DTT (Dithiothreitol) ۰/۲ درصد (W/V) در دمای ۵۵ درجه سلسیوس استفاده شد. بعد از اندازه‌گیری محلول شناور بالایی در هر لوله، بخش پروتئین کل (TSP) به‌دست آمد که شامل ۹۰ تا ۹۵ درصد پروتئین‌های آرد است. از تفاضل مقدار کل پروتئین‌های محلول آرد (TSP) و بخش گلیادین (50PS) محتوای گلوتنین و سکالین (50PI) تعیین گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای هر رژیم رطوبتی در هر سال به صورت جداگانه و سپس به صورت مرکب انجام شد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) محاسبه شد (۳) و به منظور مقایسه لاین‌های دابل‌هاپلوید و F_{7-8} خواهری آنها از مقایسات متعامد (اورتوگونال) استفاده گردید. به منظور تجزیه مرکب داده‌ها ابتدا آزمون بارتلت برای اطمینان از متجانس بودن خطای آزمایش‌ها انجام شد (۳۷). ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS محاسبه شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشانگر اختلاف معنی‌دار میان تنش خشکی و شرایط بدون تنش برای محتوای کل پروتئین (TSP) بود (جدول ۱). میانگین TSP، گلوتنین، گلیادین و نسبت گلیادین و گلوتنین (گلوتنین/گلیادین) در اثر تنش خشکی افزایش یافت (جدول ۲). میانگین TSP, در دامنه ۰/۴۵۳ برای لاین DH شماره ۴ تا ۰/۵۹۲ برای لاین F_{7-8} شماره ۲ در محیط بدون تنش و از ۰/۴۸۰ برای لاین F_{7-8} شماره ۸ تا ۰/۶۸۲ برای لاین F_{7-8} شماره ۲ در محیط تنش‌دار، متغیر بود. ساچی و همکاران (۲۹) محتوای کل پروتئین در آرد گندم را در دامنه ۰/۶۷– ۰/۳ گزارش کردند.

میانگین گلیادین (50PS) اندازه‌گیری شده با روش اسپکتروفتومتری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی به ترتیب ۰/۲۹۴ و ۰/۳۲۸ و میانگین گلوتنین – سکالین (50PI) به ترتیب ۰/۲۲۶ و ۰/۲۴۱ بود. ساچی و همکاران (۲۹) محتوای گلیادین و گلوتنین در گندم را به ترتیب در دامنه ۰/۴۶–۰/۳۲ و ۰/۲۳–۰/۰۶ گزارش کردند. دامنه تغییرات مقدار جذب مطلق گلیادین در شرایط بدون تنش بین ۰/۲۴۳ (لاین دابل‌هاپلوید شماره ۷) و ۰/۳۵۲ (لاین F_{7-8} شماره ۴) و در شرایط تنش رطوبتی به ترتیب با میانگین ۰/۲۵۸ (لاین دابل‌هاپلوید شماره ۷) و ۰/۴۰۵ (گندم رقم کویر) متغیر بود. لاین‌های دابل‌هاپلوید شماره ۱ و ۹ با میانگین ۰/۱۷۲ و ۰/۲۶۸ به ترتیب کمترین و بیشترین محتوای گلوتنین

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب صفات مرتبط با کیفیت دانه در تریتیکاله و ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی در دو سال زراعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		گلوتن خشک	محتوای پروتئین (TSP)	گلوتنین	گلیادین	گلوتنین/گلیادین	حجم رسوب SDS	پروتئین	کربوهیدرات	خاکستر	وزن حجمی دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۵	۰/۰۱۷	۰/۱۵۲	۰/۰۲۸	۰/۰۲۲	۸۴/۸۵	۱۹۰۸۱/۷
محیط	۱	۶۵/۲۴**	۰/۱۵**	۰/۰۱۴**	۰/۰۶۹**	۰/۳۴۴**	۹۶/۰۰**	۷۵/۰۸**	۲۵۲/۷۶**	۰/۴۱۵**	۴۷۰۵۸۱**	۶۲۴۲۹۵۵۲۷**
سال (محیط)	۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۷۳	۰/۱۱۱	۰/۸۰۹	۰/۰۰۴	۲۲۴۰/۵**	۲۷۸۸۰۱/۷
تکرار (سال×محیط)	۸	۰/۴۵۸*	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۷۳۲*	۲/۸۲**	۱/۵۲**	۰/۰۴**	۳۸۳/۷۷*	۱۹۹۱۰۹۲/۵
ژنوتیپ	۱۹	۶۶/۵۸**	۰/۰۲۷**	۰/۰۱۳**	۰/۰۱۴**	۰/۹۳**	۶۲/۳۹**	۱۷/۰۱**	۱۸/۵۴**	۰/۳۲۲**	۶۴۳۳/۵۹**	۱۰۳۱۰۲۶۴/۴**
سال ×ژنوتیپ	۱۹	۰/۴۱*	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۴۲**	۲/۷۵**	۰/۴۵۵	۱/۴۸**	۰/۱۲۵**	۱۰۲۱/۴۴**	۶۱۲۳۲۱/۱
ژنوتیپ × محیط	۱۹	۷/۷۴**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۲**	۰/۱۳۸**	۸/۲۳**	۵/۵۶**	۵/۸۶**	۰/۲۲۴**	۳۴۵۵/۹۹**	۸۹۰۴۴۶۴/۴**
ژنوتیپ × محیط × سال	۱۹	۱/۰۶**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۹۱**	۳/۳۴**	۰/۴۵۴	۰/۷۵	۰/۰۸۴**	۷۵۹/۰۷**	۵۲۷۹۱۶/۶
خطای آزمایشی	۱۵۲	۰/۲۱۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲	۰/۳۷۲	۰/۴۶۹	۰/۴۹۱	۰/۰۰۹	۱۹۰/۱۶	۱۰۵۳۶۸۲
ضریب تغییرات (٪)		۶/۶۲	۲/۷۱	۶/۷۷	۴/۹۶	۱۰/۳۹	۶/۲۵	۵/۳	۰/۹۴	۵/۸۲	۲/۰۵	۱۶/۴۲

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

جدول ۲. میانگین محتوای پروتئین لاین‌های تریتیکاله و ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط محیطی نرمال و تنش خشکی و نسبت تغییرات میانگین این صفات تحت تأثیر تنش خشکی (نرمال/خشکی)

صفات	پروتئین آرد†			گلوتنین - سکالین†			گلیادین†			گلوتنین/ گلیادین		
ژنوتیپ‌ها	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N
$F_{7\&8}$لاین‌های												
۱	۰/۵۱۷^{fghi}	۰/۵۴۳$^{f-i}$	۱/۰۵	۰/۲۲۰^{de}	۰/۲۲۸$^{d-h}$	۱/۰۴	۰/۲۹۷^{def}	۰/۳۱۵^{gh}	۱/۰۶	۱/۳۵^{e}	۱/۳۸$^{f-i}$	۱/۰۲
۲	۰/۵۹۲^{a}	۰/۶۸۲^{a}	۱/۱۵	۰/۲۶۷^{a}	۰/۳۰۲^{ab}	۱/۱۳	۰/۳۲۸^{bc}	۰/۳۸۰^{b}	۱/۱۶	۱/۲۳$^{e-h}$	۱/۲۶$^{h-k}$	۱/۰۲
۳	۰/۵۱۲^{hij}	۰/۵۲۰^{jk}	۱/۰۲	۰/۲۲۸^{cde}	۰/۲۴۵^{cd}	۱/۰۷	۰/۲۸۳^{gh}	۰/۲۷۵^{jkl}	۰/۹۷	۱/۲۴$^{e-h}$	۱/۱۴^{klm}	۰/۹۲
۴	۰/۵۲۰^{fgh}	۰/۵۳۵^{hij}	۱/۰۳	۰/۱۷۵^{h}	۰/۱۸۰^{j}	۱/۰۳	۰/۳۵۲^{a}	۰/۳۵۵^{cde}	۱/۰۱	۲/۰۴^{a}	۱/۹۸^{b}	۰/۹۷
۵	۰/۵۳۳^{def}	۰/۵۹۷^{d}	۱/۱۲	۰/۱۹۷^{g}	۰/۲۳۳$^{d-g}$	۱/۱۸	۰/۳۳۷^{b}	۰/۳۶۳^{bcd}	۱/۰۸	۱/۷۲^{bc}	۱/۵۷^{cde}	۰/۹۱
۶	۰/۵۶۸^{b}	۰/۶۴۷^{b}	۱/۱۴	۰/۲۶۸^{a}	۰/۲۹۰^{b}	۱/۰۸	۰/۳۰۰^{de}	۰/۳۵۷^{cde}	۱/۱۹	۱/۱۲^{ghi}	۱/۲۴$^{i-l}$	۱/۱۱
۷	۰/۴۹۵^{j}	۰/۵۵۳^{efg}	۱/۱۲	۰/۲۱۷^{ef}	۰/۲۳۷^{de}	۱/۰۹	۰/۲۷۸^{hi}	۰/۳۱۷^{fg}	۱/۱۴	۱/۲۹^{efg}	۱/۳۴$^{g-j}$	۱/۰۴
۸	۰/۴۷۷^{k}	۰/۴۸۰^{m}	۱/۰۱	۰/۲۱۸^{e}	۰/۲۱۳^{hi}	۰/۹۸	۰/۲۵۸^{jk}	۰/۲۶۷^{kl}	۱/۰۳	۱/۱۸^{fgh}	۱/۲۵$^{i-l}$	۱/۰۶
۹	۰/۵۳۰^{efg}	۰/۵۵۸^{ef}	۱/۰۵	۰/۲۳۸^{bc}	۰/۲۲۲$^{e-i}$	۰/۹۳	۰/۲۹۲^{efg}	۰/۳۳۷^{ef}	۱/۵۴	۱/۲۳$^{e-h}$	۱/۵۴^{def}	۱/۲۵
DHلاین‌های												
۱	۰/۴۶۰^{kl}	۰/۵۶۵^{e}	۱/۲۳	۰/۱۷۲^{h}	۰/۲۱۸$^{f-i}$	۱/۲۷	۰/۲۹۲^{efg}	۰/۳۴۷^{de}	۱/۱۹	۱/۷۳^{b}	۱/۶۳^{cd}	۰/۹۴
۲	۰/۵۰۸^{hij}	۰/۵۴۳$^{f-i}$	۱/۰۷	۰/۲۰۰^{fg}	۰/۱۶۲^{k}	۰/۸۱	۰/۳۰۸^{d}	۰/۳۸۲^{b}	۱/۲۴	۱/۵۵^{d}	۲/۴^{a}	۱/۵۵
۳	۰/۵۰۰^{ij}	۰/۵۴۰^{ghi}	۱/۰۸	۰/۲۲۲^{cde}	۰/۲۵۵^{c}	۱/۱۵	۰/۲۷۸^{hi}	۰/۲۸۵^{jk}	۱/۰۳	۱/۲۶^{efg}	۱/۱۲^{klm}	۰/۸۹
۴	۰/۴۵۳^{l}	۰/۵۰۳^{kl}	۱/۱۱	۰/۲۰۰^{fg}	۰/۲۰۸^{i}	۱/۰۴	۰/۲۵۳^{kl}	۰/۲۹۵^{hij}	۱/۱۷	۱/۲۷^{efg}	۱/۴۲$^{e-h}$	۱/۱۲
۵	۰/۵۱۳^{ghi}	۰/۵۲۷^{ij}	۱/۰۳	۰/۲۴۷^{b}	۰/۲۳۸^{cde}	۰/۹۶	۰/۲۶۷^{ij}	۰/۲۸۸^{ij}	۱/۰۸	۱/۰۸^{hi}	۱/۲۲^{jkl}	۱/۱۳
۶	۰/۵۲۳^{efgh}	۰/۵۵۲$^{e-h}$	۱/۰۶	۰/۲۳۷^{bcd}	۰/۲۴۵^{cd}	۱/۰۳	۰/۲۸۷^{fgh}	۰/۳۰۷^{hij}	۱/۰۷	۱/۲۲$^{e-h}$	۱/۲۶$^{h-l}$	۱/۰۳
۷	۰/۴۷۰^{kl}	۰/۴۹۳^{lm}	۱/۰۵	۰/۲۲۷^{cde}	۰/۲۳۵^{def}	۱/۰۴	۰/۲۴۳^{l}	۰/۲۵۸^{l}	۱/۰۶	۱/۰۸^{hi}	۱/۱^{lm}	۱/۰۲
۸	۰/۵۵۷^{bc}	۰/۵۹۰^{d}	۱/۰۶	۰/۲۱۸^{e}	۰/۲۱۷^{ghi}	۰/۹۹	۰/۳۳۸^{b}	۰/۳۷۳^{bc}	۱/۱	۱/۵۶^{cd}	۱/۷۲^{c}	۱/۱
۹	۰/۵۳۸^{de}	۰/۶۲۷^{c}	۱/۱۷	۰/۲۶۸^{a}	۰/۳۱۷^{a}	۱/۱۸	۰/۲۷۰^{ij}	۰/۳۱۰^{gh}	۱/۱۵	۱/۰۱^{i}	۱/۰۱^{m}	۱
روشن	۰/۵۵۰^{cd}	۰/۶۳۸^{bc}	۱/۱۶	۰/۲۵۳^{ab}	۰/۲۹۳^{b}	۱/۱۶	۰/۲۹۷^{def}	۰/۳۴۵^{de}	۱/۱۶	۱/۱۸$^{f-i}$	۱/۱۸^{jkl}	۱
کویر	۰/۵۶۸^{b}	۰/۶۹۲a	۱/۲۲	۰/۲۴۷^{b}	۰/۲۸۷^{b}	۱/۱۶	۰/۳۲۲^{c}	۰/۴۰۵^{a}	۱/۲۶	۱/۳۱^{ef}	۱/۴۴^{efg}	۱/۱
LSD	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸		۰/۰۱۸	۰/۰۱۸		۰/۰۱۲	۰/۰۲		۰/۱۶۶	۰/۱۶۱	

در هر ستون، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

† اندازه‌گیری با روش اسپکتروفتومتری

و سکالین را در شرایط بدون تنش رطوبتی دارا بودند. در شرایط تنش رطوبتی، محتوای گلوتنین و سکالین با دامنه تغییرات مقدار جذب مطلق ۰/۱۶۲ و ۰/۳۱۷ به ترتیب متعلق به لاین‌های دابل‌هاپلوئید ۲ و ۹ کمترین و بیشترین مقدار جذب را داشتند.

میانگین لاین‌های تریتیکاله و ارقام گندم نان مورد آزمایش برای صفات محتوای پروتئین کل, گلوتنین و گلیادین تحت شرایط تنش، اختلاف بسیار معنی‌داری ($P < 0.01$) نشان دادند (جدول ۲). میانگین نسبت گلوتنین/گلیادین از ۱/۰۱ (لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۹) تا ۲/۰۴ (لاین F_{7-8} شماره ۴) و ۱/۰۱ (لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۹) تا ۲/۴ (لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۲) به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش متغیر بود (جدول ۲). هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری میان محتوای کل پروتئین آرد، میانگین حجم رسوب SDS ($r = 0.46^{*}$) و وزن حجمی دانه ($r = 0.54^{**}$) تحت شرایط تنش وجود داشت. همچنین در شرایط تنش خشکی، هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری میان گلوتنین و پروتئین ($r = 0.46^{*}$) و وزن حجمی دانه ($r = 0.52^{*}$) وجود داشت.

در هر دو شرایط محیطی، اختلاف بین ژنوتیپ‌های گندم و تریتیکاله از نظر محتوای گلوتن خشک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. میانگین مقدار گلوتن خشک ژنوتیپ‌های گندم بیشتر از تریتیکاله بود. محتوای گلوتن تریتیکاله به طور کلی کمتر از گندم است، که به‌علت جایگزینی ژنوم D گندم با ژنوم R چاودار می‌باشد (۳۲). میانگین گلوتن خشک در شرایط بدون تنش از ۳/۷۲ درصد برای لاین F_{7-8} شماره ۱ تا ۱۴/۲۱ درصد برای گندم رقم "روشن" و در شرایط تنش خشکی از ۴/۸۱ درصد برای لاین F_{7-8} شماره ۴ تا ۱۳/۲۶ درصد برای گندم رقم "کویر" متغیر بود (جدول ۳). میانگین گلوتن خشک ژنوتیپ‌ها به ترتیب ۶/۵۲ درصد و ۷/۵۶ درصد در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بود. هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری میان گلوتن خشک, حجم رسوب SDS و درصد پروتئین در هر دو شرایط محیطی وجود داشت. هم‌چنین گلوتن خشک، هم‌بستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه ($r = -0.52^{*}$) در شرایط بدون تنش و هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با وزن حجمی دانه ($r = 0.69^{**}$) در شرایط تنش خشکی داشت.

گندم رقم "کویر" با میانگین ۱۷/۲۳ میلی‌لیتر بیشترین و لاین F_{7-8} شماره ۴ با میانگین ۸/۵۴ میلی‌لیتر کمترین رسوب SDS را در شرایط بدون تنش رطوبتی داشتند. در شرایط تنش رطوبتی، گندم رقم "روشن" با میانگین ۱۶/۴۳ میلی‌لیتر بیشترین و لاین F_{7-8} شماره ۱ با میانگین ۶/۱۴ میلی‌لیتر کمترین رسوب SDS را به خود اختصاص دادند. تاهور و همکاران (۳۲) گزارش کردند که آزمون رسوب SDS در رقم‌های تریتیکاله بین ۱۰/۵ تا ۲۱ میلی‌لیتر متغیر بوده است. با توجه به اینکه حجم رسوب SDS در تریتیکاله بسیار کم بود، نمی‌توان به تنهایی از آرد آن در تهیه نان استفاده کرد و باید به صورت مخلوط با آرد گندم استفاده شود. لاین‌های F_{7-8} و دابل‌هاپلوئید از نظر این صفت تفاوت بسیار معنی‌داری در هر دو شرایط محیطی از خود نشان دادند. حجم بالای رسوب SDS نشان دهنده قوی بودن گلوتن و ارتفاع کم نشان دهنده ضعیف بودن آن است (۸). بنابراین گندم رقم "کویر" در شرایط بدون تنش و گندم رقم "روشن" در شرایط تنش خشکی، از کیفیت دانه برتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بوده‌اند.

محتوای پروتئین دانه از لحاظ کیفیت دانه حائز اهمیت زیادی است (۳۲). نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تنش رطوبتی تأثیر بسیار معنی‌داری بر درصد پروتئین داشته است (جدول ۱). میانگین درصد پروتئین در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط بدون تنش رطوبتی از ۹/۶۸ درصد (لاین دابل-هاپلوئید شماره ۴) تا ۱۵/۱۷ درصد (گندم رقم "کویر") و در شرایط تنش رطوبتی از ۱۱/۴۶ درصد (لاین F_{7-8} شماره ۷) تا ۱۵/۵۲ درصد (گندم رقم "کویر") متغیر بود (جدول ۳). در هر دو شرایط محیطی، لاین‌های F_{7-8} دارای محتوای پروتئین بیشتری نسبت به لاین‌های دابل‌هاپلوئید بودند. کوسیابا (۱۷) و بروس (۲) به اختلاف بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های تریتیکاله برای صفت محتوای پروتئین دانه اشاره نموده‌اند. تاهور و

جدول ۳. میانگین حجم رسوب SDS، گلوتن خشک، پروتئین (٪) و کربوهیدرات (٪) لاین‌های تریتیکاله و ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط محیطی نرمال و تنش خشکی و نسبت تغییرات میانگین این صفات تحت تأثیر تنش خشکی (نرمال/خشکی)

صفات	گلوتن خشک (٪)			حجم رسوب SDS (میلی‌لیتر)			پروتئین (٪)			کربوهیدرات (٪)		
ژنوتیپ‌ها	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N
$F_{7\&8}$لاین‌های												
۱	۳/۷۲^{l}	۶/۶۹^{fg}	۱/۸	۹/۶۵^{efg}	۶/۱۴^{l}	۰/۶۴	۱۰/۲۸^{lm}	۱۳/۲۸^{fgh}	۱/۲۹	۷۶/۸۵^{d}	۷۳/۳۸^{gh}	۰/۹۵
۲	۵/۶۸^{fg}	۷/۸۶^{e}	۱/۳۸	۹/۲۵^{fgh}	۸/۳۷$^{e-h}$	۰/۹۰	۱۱/۳۱^{ijk}	۱۳/۸۳^{ef}	۱/۲۲	۷۴/۶۷^{ghi}	۷۴/۰۷^{efg}	۰/۹۹
۳	۷/۶۳^{c}	۹/۲۶^{c}	۱/۲۱	۹/۸۲^{ef}	۸/۶۲^{efg}	۰/۸۸	۱۳/۸۱^{b}	۱۴/۹۷^{abc}	۱/۰۸	۷۴/۳۲^{hij}	۷۲/۰۱^{i}	۰/۹۷
۴	۴/۶۵^{ij}	۴/۸۱^{i}	۱/۰۳	۸/۵۴^{i}	۷/۸۲$^{g-j}$	۰/۹۲	۱۲/۰۹$^{e-h}$	۱۲/۷۴^{h}	۱/۰۵	۷۶/۰۲^{ef}	۷۲/۸۷^{h}	۰/۹۶
۵	۴/۷۱^{ij}	۶/۵۲^{fgh}	۱/۳۸	۹/۹۹^{de}	۹/۸۸^{d}	۰/۹۹	۱۲/۰۵^{fgh}	۱۱/۶۵^{j}	۰/۹۷	۷۷/۵۲^{bcd}	۷۴/۷۷^{cde}	۰/۹۶
۶	۷/۸۵^{c}	۷/۷^{e}	۰/۹۸	۹/۰۷^{ghi}	۸/۶۷^{ef}	۰/۹۶	۱۲/۹۹^{cd}	۱۳/۷۳^{efg}	۱/۰۶	۷۴/۰۰^{ij}	۷۲/۹۵^{h}	۰/۹۸
۷	۷/۰۲^{d}	۶/۹۱^{f}	۰/۹۸	۹/۹^{e}	۱۲/۸۵^{c}	۱/۳	۱۲/۹^{d}	۱۱/۴۶^{j}	۰/۸۹	۷۵/۱۱^{gh}	۷۴/۱۶^{def}	۰/۹۹
۸	۴/۳۱^{jk}	۶/۲۶^{gh}	۱/۴۵	۸/۸۸^{hi}	۷/۵۳^{ij}	۰/۸۵	۱۱/۶۶^{hij}	۱۳/۰۱^{gh}	۱/۱۲	۷۵/۳۸^{fg}	۷۳/۴^{gh}	۰/۹۷
۹	۶/۴۲^{e}	۴/۸۷^{i}	۰/۷۶	۱۰/۵۵^{cd}	۶/۲۳^{l}	۰/۵۹	۱۱/۰۳^{jk}	۱۲/۵۶^{hi}	۱/۱۴	۷۶/۷۹^{de}	۷۴/۳۳^{def}	۰/۹۷
DHلاین‌های												
۱	۴/۹^{hi}	۶/۷۳^{fg}	۱/۳۷	۱۰/۸۳^{c}	۹/۰۳^{e}	۰/۸۳	۱۱/۰۰^{jk}	۱۲/۹۰^{h}	۱/۱۷	۷۷/۰۲^{cd}	۷۴/۹۱^{bcd}	۰/۹۷
۲	۵/۷۵^{f}	۷/۷۵^{e}	۱/۳۵	۱۰/۵۳^{cd}	۸/۱۹$^{f-i}$	۰/۷۸	۱۲/۶۳^{def}	۱۴/۶۵^{bcd}	۱/۱۶	۷۵/۲۹^{fg}	۷۱/۲۱^{j}	۰/۹۵
۳	۴/۹۷^{hi}	۸/۵۱^{d}	۱/۷۱	۱۰/۱^{de}	۸/۹۵^{ef}	۰/۸۹	۱۵/۶۸^{a}	۱۴/۱۳^{de}	۰/۹	۷۳/۵۱^{j}	۷۳/۵۸^{fgh}	۱/۰۰
۴	۳/۹۶^{kl}	۵/۹۱^{h}	۱/۴۹	۱۰/۲۲^{de}	۶/۶۳^{kl}	۰/۶۵	۹/۶۸^{m}	۱۱/۹۵^{ij}	۱/۲۳	۷۷/۶۸^{bc}	۷۶/۰۵^{a}	۰/۹۸
۵	۷/۴۶^{cd}	۸/۲۷^{de}	۱/۱۱	۹/۱۶^{gh}	۷/۷۵^{hij}	۰/۸۵	۱۳/۶۷^{bc}	۱۴/۲۸^{cde}	۱/۰۴	۷۴/۴۶^{hi}	۷۵/۲۷^{bc}	۱/۰۱
۶	۵/۲۱^{h}	۶/۸۵^{fg}	۱/۳۱	۹/۹۳^{e}	۸/۲۴$^{e-i}$	۰/۸۳	۱۲/۴۰$^{d-g}$	۱۳/۲۱^{fgh}	۱/۰۷	۷۴/۷۹^{ghi}	۷۴/۰۰^{fg}	۰/۹۹
۷	۷/۰۵^{d}	۵/۲۱^{i}	۰/۷۴	۹/۹^{e}	۱۰/۲۱^{d}	۱/۰۳	۱۱/۷۴^{ghi}	۱۲/۸۳^{h}	۱/۰۹	۷۵/۲۹^{fg}	۷۱/۹۳^{ij}	۰/۹۶
۸	۶/۱۳^{ef}	۷/۷۹^{e}	۱/۲۷	۱۰/۰۵^{de}	۸/۸۷^{ef}	۰/۸۸	۱۲/۷۶^{de}	۱۳/۰۳^{gh}	۱/۰۲	۷۴/۶۲^{ghi}	۷۳/۸۴^{fg}	۰/۹۹
۹	۵/۲۷^{gh}	۷/۹۸^{de}	۱/۵۱	۹/۰۳^{hi}	۷/۰۸^{jk}	۰/۷۸	۱۰/۷۰^{kl}	۱۴/۷۶$^{a-d}$	۱/۳۸	۷۷/۸۸^{b}	۷۳/۷۴^{fg}	۰/۹۵
روشن	۱۴/۲۱^{a}	۱۲/۱۴^{b}	۰/۸۵	۱۵/۱۵^{b}	۱۶/۴۳^{a}	۱/۰۸	۱۳/۷۱^{b}	۱۵/۱۷^{ab}	۱/۱۱	۷۸/۹۳^{a}	۷۵/۶۷^{ab}	۰/۹۶
کویر	۱۳/۵۷^{b}	۱۳/۲۶^{a}	۰/۹۸	۱۷/۲۳^{a}	۱۴/۹۸^{b}	۰/۸۷	۱۵/۱۷^{a}	۱۵/۵۲^{a}	۱/۰۲	۷۸/۱۶^{ab}	۷۵/۱^{bc}	۰/۹۶
LSD	۰/۴۶	۰/۶۴		۰/۵۹	۰/۸		۰/۷	۰/۷۸		۰/۸۲	۰/۷۶	

در هر ستون، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

همکاران (۳۲) دامنه ۹/۷ تا ۱۴/۵ درصد محتوای پروتئین را برای ارقام تریتیکاله گزارش کردند. درصد پروتئین به طور معنی‌داری در شرایط تنش خشکی افزایش یافت (جداول ۱ و ۳). درصد پروتئین در لاین‌های تریتیکاله، در مقایسه با گندم، اغلب کمتر است. گندم رقم "روشن" کاهش کمتری در درصد پروتئین نسبت به رقم "کویر" در شرایط تنش خشکی داشت و این ژنوتیپ کمترین کاهش عملکرد دانه را نیز در مقایسه با رقم "کویر" در شرایط تنش خشکی داشت (جداول ۳ و ۴). در شرایط تنش خشکی، هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.52^{*}$) میان پروتئین و وزن حجمی دانه مشاهده شد.

تنش خشکی به طور معنی‌داری بر درصد کربوهیدرات اثر گذاشت و منجر به کاهش میزان کربوهیدرات شد (جدول ۳). گندم رقم "روشن" (۷۸/۹۳ درصد) و ژنوتیپ "الینور"(۷۳/۵۱ درصد) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد کربوهیدرات در شرایط بدون تنش خشکی بودند. در محیط دارای تنش، میانگین کربوهیدرات از ۷۱/۲۱ درصد برای لاین دابل‌هاپلویید شماره ۲ تا ۷۶/۰۵ درصد برای لاین دابل-هاپلویید شماره ۴ متغیر بود (جدول ۳). درصد کربوهیدرات دارای رابطه منفی و معنی‌دار با درصد خاکستر در شرایط تنش خشکی بود. کربوهیدرات دانه لاین‌های تریتیکاله و ارقام گندم دارای رابطه معکوس با میزان پروتئین بذر بودند. به طوری که با افزایش پروتئین در شرایط تنش خشکی، میزان کربوهیدرات و عملکرد دانه کاهش یافت (شکل ۱ و جدول ۳)، که ممکن است به علت رقابت بر سر نیتروژن و کربوهیدرات برای انرژی و اسکلت کربنی باشد. این نتایج موافق با یافته‌های فرناندز-فیگارز و همکاران (۷) می‌باشد.

درصد خاکستر ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش در دامنه ۱/۴۵ درصد (گندم رقم "روشن") تا ۱/۹۸ درصد (رقم "الینور" (لاین دابل‌هاپلویید شماره ۳)) قرار داشت (جدول ۴). تجزیه و تحلیل مرکب داده‌ها نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری روی درصد خاکستر تأثیر گذاشت (جدول ۱). درصد خاکستر به طور معنی‌داری در شرایط تنش خشکی افزایش یافت (جدول ۴). مقایسات متعامد (اورتوگونال) نشان داد که لاین‌های تریتیکاله و ارقام گندم به طور معنی‌داری برای درصد خاکستر تحت شرایط تنش خشکی اختلاف دارند. به طوری که ارقام گندم دارای درصد خاکستر کمتری نسبت به لاین‌های تریتیکاله بودند (داده‌ها نمایش داده نشده است).

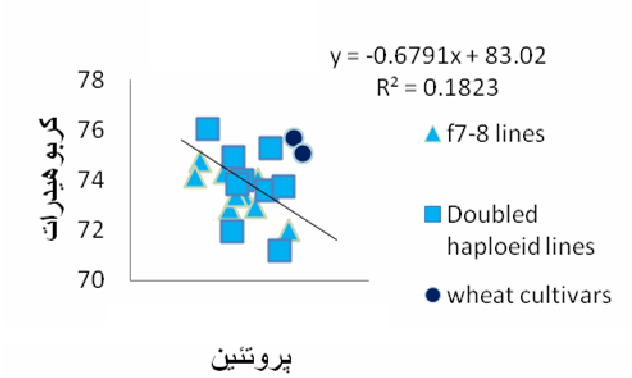
میانگین وزن حجمی دانه در ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به ترتیب از ۶۷/۴ کیلوگرم در هکتولیتر برای دابل‌هاپلویید لاین شماره ۳ (رقم الینور) تا ۷۶/۵ کیلوگرم در هکتولیتر (گندم رقم "کویر") تحت شرایط بدون تنش و از ۵۹ کیلوگرم در هکتولیتر (دابل‌هاپلویید لاین شماره ۹) تا ۷۱/۳ کیلوگرم در هکتولیتر (گندم رقم کویر) در شرایط تنش رطوبتی بود. میانگین وزن حجمی دانه در ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به ترتیب ۷۱/۸ و ۶۲/۹ کیلوگرم در هکتولیتر در محیط‌های بدون تنش و تنش رطوبتی بود.

بین میانگین وزن حجمی دانه در لاین‌های دابل‌هاپلویید و F_{7-8} در محیط بدون تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما لاین‌های F_{7-8} در شرایط تنش خشکی دارای میانگین وزن حجمی دانه بیشتری بودند (جدول ۴). اتلر و همکاران (۲۲) تفاوت بسیار معنی‌داری برای وزن حجمی دانه در تریتیکاله گزارش نمودند. تفاوت بسیار معنی‌داری ($P < 0.01$) بین لاین‌های تریتیکاله و ارقام گندم در هردو شرایط محیطی وجود داشت، که ارقام گندم نان از لحاظ این صفت در هر دو محیط آزمایشی برتری نشان دادند (جدول ۴). وزن حجمی دانه دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با رسوب SDS ($r = ۰/۴۴^{*}$) و رابطه منفی و معنی‌دار با درصد خاکستر ($r = -۰/۴۸^{*}$) در شرایط بدون تنش بود. این صفت در شرایط تنش خشکی دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با گلوتن خشک ($r = ۰/۶۹^{**}$)، محتوای پروتئین کل ($r = ۰/۵۴^{**}$)، رسوب SDS ($r = ۰/۶۷^{**}$)، درصد پروتئین ($r = ۰/۵۴^{**}$)، گلوتنین ($r = ۰/۵۲^{*}$) و یک رابطه منفی و معنی‌دار با عملکرد دانه ($r = -۰/۶۷^{**}$) بود. بنابراین ژنوتیپ‌های با وزن حجمی دانه و محتوای پروتئین بیشتر در شرایط تنش خشکی ممکن است تأثیر بیشتری از تنش خشکی

جدول ۴. میانگین وزن حجمی دانه (گرم/لیتر)، عملکرد دانه و خاکستر لاین‌های تریتیکاله و ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط محیطی نرمال و تنش خشکی و نسبت تغییرات میانگین این صفات تحت تأثیر تنش خشکی (نرمال/خشکی)

صفات	خاکستر (٪)			وزن حجمی دانه (kg/hL)			عملکرد دانه(kg/ha)		
ژنوتیپ‌ها	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N	بدون تنش (N)	تنش (S)	S/N
لاین‌های $F_{7\&8}$									
۱	۱/۴۷jk	۱/۶۸b-e	۱/۱۴	۷۴/۹b	۶۲/۵f-i	۰/۸۳	۸۴۲۰a	۴۹۵۰ab	۰/۵۹
۲	۱/۴۵jk	۱/۵۸e-h	۱/۰۹	۷۱/۴ef	۶۵/۹cd	۰/۹۲	۶۳۶۰cde	۳۵۷۰ghi	۰/۵۶
۳	۱/۴۴jk	۱/۷۳bc	۱/۲	۶۹/۲jkl	۶۳/۴e-h	۰/۹۲	۵۳۲۰h	۳۷۰۰fgh	۰/۶۹
۴	۱/۶۲hi	۱/۶۱d-g	۰/۹۹	۷۴/۲bc	۶۳/۵efg	۰/۸۶	۵۴۳۰gh	۴۴۵۰b-e	۰/۸۲
۵	۱/۹۴cd	۱/۵۵f-i	۰/۸	۶۹/۹hij	۶۰/۵i-l	۰/۸۷	۷۱۴۰b	۳۹۳۰e-h	۰/۵۵
۶	۱/۴۸j	۱/۷۱bcd	۱/۱۶	۷۲/۹d	۶۴/۸cde	۰/۸۹	۵۲۷۰h	۳۸۴۰fgh	۰/۷۳
۷	۲/۰۵c	۱/۴۸hi	۰/۷۲	۶۹/۴ijk	۶۱/۸hij	۰/۸۸	۶۱۹۰c-f	۴۰۸۰efg	۰/۶۶
۸	۲/۰۰c	۱/۷bcd	۰/۸۵	۶۹/۰kl	۵۹/۵jkl	۰/۸۷	۵۹۶۰efg	۴۰۸۰efg	۰/۶۸
۹	۱/۵۵ij	۱/۵۵f-i	۱	۶۸/۴l	۶۱/۲g-j	۰/۹	۷۱۳۰b	۴۱۸۰def	۰/۵۹
لاین‌های DH									
۱	۱/۵۴ij	۱/۷۳bc	۱/۱۲	۷۰/۹efg	۶۱/۳ijk	۰/۸۶	۶۰۴۰efg	۴۳۷۰cde	۰/۷۲
۲	۲/۳۷a	۱/۶۵c-f	۰/۷	۷۱/۶ef	۵۹/۳kl	۰/۸۳	۸۰۹۰a	۴۸۷۰abc	۰/۶۰
۳	۲/۱۹b	۱/۹۸a	۰/۹	۶۷/۴m	۶۶/۵bc	۰/۹۹	۵۶۳۰fgh	۳۴۳۰hi	۰/۶۱
۴	۱/۵۲ij	۱/۶۳c-f	۱/۰۷	۷۴/۰bc	۵۹/۳jkl	۰/۸۱	۶۷۲۰bc	۵۱۶۰a	۰/۷۷
۵	۱/۸۲de	۱/۵ghi	۰/۸۲	۷۱/۸e	۶۲/۷f-i	۰/۸۷	۶۰۸۰def	۴۴۴۰b-e	۰/۷۳
۶	۱/۵۱ij	۱/۵۵f-i	۱/۰۳	۷۳/۸cd	۶۲/۷f-i	۰/۸۵	۶۳۹۰cde	۳۹۷۰efg	۰/۶۲
۷	۱/۷۴efg	۱/۷۷b	۱/۰۲	۷۰/۳ghi	۶۴/۵def	۰/۹۱	۶۶۷۰bcd	۴۱۳۰def	۰/۶۲
۸	۱/۷۸ef	۱/۶۱d-g	۰/۹	۷۴/۷b	۶۰/۵i-l	۰/۸۱	۷۱۳۰b	۴۶۴۰a-d	۰/۶۵
۹	۱/۶۷gh	۱/۶d-g	۰/۹۶	۷۰/۷fgh	۵۹/۳l	۰/۸۳	۶۷۹۰bc	۳۷۸۰fgh	۰/۵۶
روشن	۱/۶۸fgh	۱/۴۵i	۰/۸۶	۷۴/۴bc	۶۸/۲b	۰/۹۲	۵۲۲۰h	۳۷۱۰fgh	۰/۷۱
کویر	۱/۳۷k	۱/۴۶i	۱/۰۷	۷۶/a	۷۱/۳a	۰/۹۳	۵۲۹۰h	۳۱۵۰i	۰/۶۰
LSD	۰/۱۲	۰/۱۱		۰/۹۳	۱/۰۴		۶۲۰	۵۲۰	

در هر ستون، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۱. رابطه میان درصد پروتئین و کربوهیدرات در شرایط تنش خشکی

بپذیرند که منجر به عملکرد کمتر گیاه تحت این شرایط نسبت به شرایط محیطی بدون تنش شود.

نتایج تجزیه واریانس در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه بسیار معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نیز نشان داد که تنش رطوبتی تأثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته است. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی به ترتیب از ۵۲۲۰ کیلوگرم در هکتار (گندم رقم "روشن") تا ۸۴۲۰ کیلوگرم در هکتار (لاین F_{7-8} شماره ۱) و ۳۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (گندم رقم "کویر") تا ۵۱۶۰ کیلوگرم در هکتار (دابل‌هاپلویید شماره ۴) در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی بود (جدول ۴). لاین‌های دابل‌هاپلویید در مقایسه با لاین‌های F_{7-8} در هر دو شرایط محیطی عادی و تنش رطوبتی، عملکرد بیشتری داشتند. در شرایط تنش خشکی، لاین دابل-هاپلویید شماره ۴، لاین F_{7-8} شماره ۱ و لاین دابل‌هاپلویید شماره ۲ بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند و بنابراین به عنوان بهترین لاین‌ها در این شرایط آزمایشی شناخته شدند. بین ژنوتیپ‌های گندم و تریتیکاله از لحاظ عملکرد دانه اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشته و عملکرد لاین‌های تریتیکاله بیشتر از گندم بود. اتلر (۲۱) به برتری ارقام تریتیکاله نسبت به گندم در شرایط تنش محیطی اشاره داشته است.

برخی از محققین (۶, ۱۶, ۱۷ و ۱۹) نشان دادند که عملکرد دانه در ارقام مختلف تریتیکاله تفاوت معنی داری داشته است. در هر دو شرایط محیطی، عملکرد دانه دارای هم‌بستگی منفی و معنی‌داری با گلوتن خشک و پروتئین بود. هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با نسبت گلوتنین/گلیادین ($r = ۰/۵۲^{*}$) و هم‌بستگی منفی و معنی‌داری با محتوای پروتئین کل ($r = -۰/۵۶^{**}$) گلوتنین ($r = -۰/۷۳^{**}$)، رسوب SDS ($r = -۰/۵۲^{*}$) و وزن حجمی دانه ($r = -۰/۶۷^{**}$)، در شرایط تنش خشکی وجود داشت.

نتیجه‌گیری

ارقام گندم نان و تریتیکاله در آزمایش‌های مختلفی در شرایط تنش محدودیت رطوبتی با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته‌اند که تحمل بهتر تریتیکاله به شرایط نامساعد تأیید شده است (۱۰ و ۲۳). می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که به‌نژادگران گیاه با به‌دست‌آوردن غلات اقتصادی با ارزش غذایی بیشتر از گندم و حفظ ویژگی‌های تغییریافته، به هدف مهمی دست یافته‌اند. هرچند هنوز مشکلات زراعی و صنعتی در ارتباط با تولید تریتیکاله وجود دارد که باید مرتفع شود (۵). چون سطح زیر کشت چاودار در جهان درحال حاضر رو به کاهش است، انتظار می‌رود که بتوان تریتیکاله را به دلیل داشتن دامنه سازگاری وسیع‌تر از هر یک از والدین خود (گندم و چاودار)

در سطح قابل توجهی کشت نمود. کیفیت دانه، صفتی فیزیکی- شیمیایی است که به ژنتیک گیاه و شرایط محیطی بستگی دارد (۳۴). لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۲ به عنوان بهترین لاین تریتیکاله در این آزمایش شناخته شد. به طوری که دارای بیشترین میزان گلیادین، نسبت گلوتنین/گلیادین، حجم رسوب SDS، درصد خاکستر و پروتئین در هر دو شرایط محیطی بود. عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی دارای رابطه منفی و معنی‌دار با گلوتن خشک و در شرایط بدون تنش دارای رابطه منفی و معنی‌دار با پروتئین بود. در هر دو شرایط محیطی، درصد تجمع کربوهیدرات و پروتئین دارای رابطه معکوس با یکدیگر بودند، که ممکن است به علت رقابت بر سر نیتروژن و کربوهیدرات برای انرژی و اسکلت کربنی باشد. همچنین ژنوتیپ‌های با وزن حجمی دانه و محتوای پروتئین بیشتر، در شرایط تنش ممکن است تأثیر بیشتری از تنش بپذیرند که این موضوع منجر به عملکرد کمتر گیاه در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. 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. *Journal of Applied Genetics* 48: 347-357.
2. Boros, D. 2002. Physico-chemical quality indicators suitable in selection of triticale for high nutritive value. Proc. 5th Intl. Triticale Sym., Radzikow, Poland, 1: 239-244.
3. Carmer, S. G., W. E. Nyqist and W. M. Walker. 1989. Least significant differences for combined analysis of experiments with two or three factor treatment design. *Agronomy Journal* 81: 665-672.
4. Daei, G., M. Ardakani, F. Rejali, S. Teimuri and M. Miransari. 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Journal of Plant Physiology* 166: 617-625.
5. Del-Angel, A. R. and A. Sotelo. 2009. Nutritive value of mixtures using chick-peas with wheat, triticale, normal and opaque-2 corns. *Journal of Nutrition* 110: 1474-1480.
6. Dhindsa, G. S., A. S. Dosanjh, V. S. Sohu, J. S. Dhindsa and J. C. Goyali. 2002. Stability analysis for grain yields and its components in hexaploid triticale. Proc. 5th Intl. Triticale Sym., Radzikow, Poland, 2: 333-336.
7. Fernandez-Figares I., J. Marinetto, C. Royo, J. M. Ramos and L. F. Garcia del Moral. 2000. Amino-acid composition and protein and carbohydrate accumulation in the grain of triticale grown under terminal water stress simulated by a senescing agent. *Journal of Cereal Science* 32**:** 249-258.
8. Ferozan Tabar, M., 2005. Study of physicochemical and rheological characteristics of flour and bread of triticale and wheat. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. Iran.
9. Gerami, B. 1993. Utility method of electrophoresis in breeding of wheat. Key Papers of the First Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Tehran University.
10. Guinta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 33: 399-409.
11. Hong, S. L. and M. L. Feng. 2005. Root respiration, photosynthesis and grain yield of two spring wheat in response to soil drying. *Plant Growth Regulation* 46: 233-240.
12. Horlein, A. J. and J. Valentine. 1995. Triticale (*X. Triticosecale*). PP. 187-225. *In:* Williams, J. T. (Ed.), Cereals and Pesudo-Cereals, Chapman and Hall, London.
13. Hulse, J. and E. Laing. 1974. Nutritive value of triticale protein. International Development Research Center, Ottawa, Canada.
14. Kao, C. H. 1981. Senescense of rice leaves. *Plant and Cell Physiology* 22: 683-685.
15. Karimi, M. 1987. The climate of central Iran. Isfahan University of Technology Press. (In Farsi).
16. Khoda Rahmi, M., A. Amini and M. R. Bihamta. 2006. Study of correlation traits and segregation analysis of grain yield in triticale. *Iranian Journal of Agricultural Science* 37: 77-83. (In Farsi).
17. Kociuba, W. 2002. Differentiation of the yielding features in winter and spring *X. Triticosecale* Wittmack collection. Proc. 5th Intl. Triticale Sym., Radzikow, Poland, 2: 357-365.
18. Maluszynski, M., I. Szarejko, P. Barriga and A. Balcerzyk. 2001. Heterosis in crop mutant crosses and production of high yielding lines using doubled haploid systems. *Euphytica* 120: 387-398.

19. Manero de Zumelzu, D., B. Costero, P. Cavaleri and R. Maich. 2002. Selection response for some agronomic traits in hexaploid triticale. *Agriscientia* 14: 45-50.
20. Oettler, G. 1996. Effect of low nitrogen input on agronomic traits in triticale. In: H. Guedes-Pinto, NL Darvey, VP Carnide(Eds.), Triticale: Today and Tomorrow, pp. 603-608. Kluwer Academic Publ., Dordrecht.
21. Oettler, G. 2005. Centenary review. The fortune of a botanical curiosity- triticale: Past, present and future. *Journal of Agricultural Science* 143: 329-346.
22. Oettler, G., S. H. Tams, U. F. Utz, E. Bauer and A. E. Melchinger. 2005. Prospects for hybrid breeding in winter triticale. *Crop Science* 45: 1476-1482.
23. Okuyama, L. A., 1990. Grain yield and yield components of triticale and wheat as a function of water stress. *Informe-de-Pesquisa Instituto Agronomico-de-Parana* 14: 53-56.
24. 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. *Canadian Journal of Plant Science* 62: 545-553.
25. Rezaei, A. 1996. Relationship between sub units of glutenin with high molecular weights in wheat. *Iranian Journal of Agricultural Science* 27: 11-21. (In Farsi).
26. Shiranirad, A. and A. Abbasian. 2011. Evaluation of drought tolerance in winter rapeseed cultivars based on tolerance and sensitivity indices. *Agriculture* 98: 41-48.
27. Shroyer, J. P. 1996. Triticale in Kansas. Kansas State University, Available online at: http://www.oznet.ksu.edu.
28. Slafer, G. A., J. L. Araus, C. Royo and L. F. G. Del Moral. 2005. Promising ecophysiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology* 146: 61-70.
29. 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 Science* 47: 91-99.
30. Syed, R. A. and C. E. Macdonald. 1974. Amino acid composition, protein fractions and baking quality of triticale. PP. 137-149. *In:* Tsen, C. C. (Ed.), Triticale: First Man-Made Cereal, AACC, St. Paul, MN.
31. Tambussi, E. A., S. Nogues, P. Ferrio, J. Voltas and J. L. Araus. 2005. Does higher yield potential improve barley performance in Mediterranean conditions? A case study. *Field Crops Research* 91: 149-160.
32. 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 Chemistry* 89: 125-132.
33. Vahabzadeh, M., A. Amini, M. Ghasemi, M. Nazeri and Sh. Koohkan. 2006. Evaluation of grain yield and stability in triticale lines. *Journal of Agricultural Science* 8: 69-83.
34. Van Duinkerken, G., R. L. G. Zom and E. J. B. Blumer. 1999. The effects of replacing maize silage by triticale whole crop silage in a roughage mixture with grass silage on feed intake and milk production by dairy cows. Proceeding of the Britanian Society for Animal Science Annual Meeting, Scarborough, UK.
35. Varga, B., I. Svencnjak and A. Pospisil. 2002. Winter wheat cultivar performance as affected by production systems in Coratia. *Agronomy Journal* 93: 961-966.
36. Weipert, D. 1996. Rye and triticale. PP. 215-222. *In:* Henry, R. J. and P. S. Kettelwell (Eds.), Cereal Grain Quality, Chapman and Hall, London.
37. Yazdi Samadi, B., A. Rezaei and M. Valizadeh. 2008. Statistical Designs in Agricultural Research. Tehran University Publication, 764 p. (In Farsi).