واکنش گندم‌های ایمر و دوروم به سطوح متفاوت کود نیتروژن

فاطمه شورمیج[۱]، آقافخر میرلوحی[۲*]، قدرت‌الله سعیدی[۲] و مهران شیروانی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸)

چکیده

گندم‌های تتراپلوئید پوشینه‌دار ایمر که از اجداد گندم‌های امروزی محسوب می‌شوند، دارای پتانسیل قابل توجهی در بهبود گندم‌های دوروم به‌ویژه از نظر محتوای پروتئین دانه هستند. به‌منظور بررسی واکنش گندم‌های تتراپلوئید پوشینه‌دار ایمر و دوروم به سطوح متفاوت کود نیتروژن، ۱۲ ژنوتیپ گندم تتراپلوئید شامل هشت ژنوتیپ دوروم و چهار ژنوتیپ ایمر در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه کشت شدند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد که در آن چهار سطح کود اوره (صفر، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود نیتروژن بر صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، درصد پروتئین، درصد نیتروژن و غلظت نیتروژن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ بر همه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. گندم‌های پوشینه‌دار ایمر از میانگین بیشتری در تعداد سنبله در مترمربع، درصد پروتئین، غلظت نیتروژن و درصد نیتروژن دانه در مقایسه با گندم‌های دوروم برخوردار بودند. با توجه به این نتایج، گندم‌های ایمر می‌توانند منبع ژنتیکی غنی برای بهبود صفات، در گندم‌های دوروم به‌ویژه پروتئین دانه باشند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، کود نیتروژن، گندم دوروم، گندم پوشینه‌دار ایمر

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات و دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

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

مقدمه

گندم مهم‌ترین محصول زراعی دنیا با تولید جهانی بیش از ۷۰۰ میلیون تن، حدود ۲۰ درصد پروتئین مورد نیاز روزانه جمعیت جهان را تأمین می‌کند. همچنین مهم‌ترین گیاه زراعی در ایران با تولید سالانه بیش از ۱۱ میلیون تن دانه است که درنتیجه بالغ بر ۴۵ درصد کالری مورد نیاز مردم را تأمین می‌کند. سطح زیرکشت عمده این محصول در جهان را گندم نان با ۹۵ درصد از کل تولید جهانی تشکیل می‌دهد و پنج درصد باقیمانده مربوط به گونه دوروم است که برای تهیه پاستا مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲). اگرچه تنوع ژنتیکی کافی برای محتوای پروتئین دانه در ژرم‌پلاسم‌های کشت شده گندم محدود است ولی واریته‌های محلی و گندم‌های وحشی منبع ژنتیکی مهمی برای افزایش پروتئین دانه در گندم زراعی به‌حساب می‌آیند (۶). نتایج مطالعات نشان داده است که تنوع قابل توجهی در غلظت عناصر غذایی محصولات بین منابع گیاهی (گونه‌ها و ارقام) و نیز بافت‌های گیاهان وجود دارد که بیانگر وجود اختلاف ژنتیکی ناشی از توانایی جذب عناصر غذایی توسط گیاهان است. خطرات فرسایش گیاهان زراعی و عواقب اجتماعی مرتبط با آن در حال حاضر نیازمند احیای پتانسیل ژنتیکی گونه‌های اجدادی تحلیل رفته گندم است که شامل اولین گیاهان اهلی شده توسط انسان، یعنی گندم‌های پوشینه‌دار بوده‌اند. این گندم‌ها در هر سه سطح پلوئیدی، دی (Einkorn)، تترا (Emmer) و هگزا (Spelt) وجود دارند (۱۸). این گندم‌های باستانی کمتر مورد به‌نژادی قرار گرفته‌اند که دارای تنوع ژنتیکی زیادی در پروتئین دانه هستند و به‌عنوان یک پتانسیل قوی برای برنامه‌های به‌نژادی گندم پیشنهاد شده‌اند (۳۱). از طرفی پایداری آنها در کشاورزی‌های کم‌نهاده، سازگاری با زمین‌های حاشیه‌ای، رقابت عالی با علف‌های هرز و پتانسیل زیاد برای تولید مواد غذایی سالم، امروزه گندم‌های ایمر اسپلت و اینکورن را مورد توجه قرار داده است. این ژرم پلاسم‌های گندم اگرچه ممکن است دارای صفات مطلوب باشند، اما صفات نامطلوبی مثل عملکرد کم، محور سنبله شکننده و حساسیت به ورس را نیز به‌همراه دارند، که ممکن است استفاده از آنها را در برنامه‌های کاربردی تکنولوژیکی و تجاری دچار مشکل کند (۲۵). گونه‌های گندم‌های پوشینه‌دار به‌عنوان پلی بین گندم‌های وحشی و زراعی محسوب می‌شوند و می‌توان این گندم‌ها را با هدف به حداکثر رساندن عرضه و پایداری غذای با کیفیت و همچنین استفاده از تنوع زیستی موجود در این گندم‌ها برای اطمینان از تولید پایدار گندم تحت تغییرات اقلیمی و سیستم‌های کشاورزی مختلف به‌کار گرفت (۲). در سال‌های اخیر تعدادی از گندم‌های تتراپلوییید پوشینه‌دار ایمر از روستاهای منطقه زاگرس مرکزی جمع‌آوری و از جنبه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و بررسی‌های اولیه حاکی از زیادتر بودن درصد پروتئین دانه در این گندم‌هاست (۱۰). از لحاظ ژنتیکی محتوای زیاد پروتئین دانه در گندم‌های پوشینه‌دار ایمر مربوط به ژن NAM-B1 (Gpc-B1) است که باعث تسریع پیری و افزایش انتقال مجدد مواد پرورده از برگ‌ها به‌سمت دانه شده و درنتیجه محتوای پروتئین زیادتر می‌شود (۲۹). به‌نظر می‌رسد در طی فرایند اهلی‌سازی و برنامه‌های به‌نژادی نوع آلل وحشی این ژن از گندم‌های زراعی تتراپلوئید و هگزاپلوئید جدید حذف شده است (۱۴).

یکی از عوامل مهم در افزایش تولیدات کشاورزی همسو با عملیات به‌نژادی و به‌زراعی، مدیریت مصرف بهینه کودهای شیمیایی است. نیتروژن یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه است و نقش اساسی در افزایش عملکرد و همچنین بهبود کیفیت دانه گندم ایفا می‌کند. از آنجایی که نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی در تولید گندم محسوب می‌شود، تخمین زده شده است که ۶۷ درصد از کل کود مصرفی غلات در سطح جهان، مربوط به این عنصر است (۱۲). نیتروژن اولین عنصر غذایی است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک آشکار می‌شود، زیرا مقدار مواد آلی خاک که عمده‌ترین منبع نیتروژن است در خاک این مناطق ناچیز است و بنابراین استفاده کارآمد از این عنصر می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصول، کاهش هزینه تولید و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی شود (۳۲).

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که نیتروژن موجود در دانه گندم بیشتر نتیجه انتقال مجدد از اندام‌های رویشی بعد از گرده‌افشانی است (۲۱) که این انتقال مجدد بستگی به شرایط محیطی داشته، ولی بیشتر تحت کنترل ژنتیکی است (۲۷). باربوتین و همکاران (۴) نشان دادند زمانی که هیچ عامل محدود کننده‌ای برای رشد دانه نباشد، تفاوت در میزان انتقال مجدد نیتروژن از بافت‌های رویشی اساساً به‌دلیل تفاوت در ظرفیت گیاه زراعی برای ذخیره نیتروژن در اندام‌های مخزن است. ترمان (۲۶) گزارش کرد که مقدار پروتئین در دانه ممکن است با انتخاب ژنوتیپ‌هایی که درصد بیشتری از نیتروژن را از اندام‌های رویشی به‌سمت دانه انتقال دهند، بهبود یابد. واریته‌های وحشی و قدیمی در اکوسیستم‌های طبیعی، تحت شرایط دسترسی کم به مواد غذایی یا خاک‌های فقیر خیلی بهتر از لحاظ غذایی سازگار شده‌اند و غلظت نیتروژن در دانه آنها نسبت به واریته‌های جدید بیشتر است به‌همین دلیل واریته‌های قدیمی می‌توانند منبع خوبی برای برنامه‌های به‌نژادی در راستای بهبود واریته‌های مناسب برای سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده و یا افزایش تحمل آنها به تنش‌ها باشند (۱۳). اهلی‌سازی و انتخاب برای افزایش اختصاصی ترکیبات به اندام‌های زایشی غلات و بهبود عملکرد دانه منجر به کاهش غلظت پروتئین در دانه شده است (۳). بنابراین، می‌توان انتظار داشت که ژنوتیپ‌های گندم باستانی و جدید الگوهای مختلفی را از لحاظ رشد برای دسترسی به منابع نشان دهند (۳۲)؛ زیرا معمولاً برنامه‌های به‌نژادی، گیاهان را برای عملکرد زیاد تحت شرایط مناسب انتخاب می‌کند، به‌همین دلیل انتظار بر این است که گندم‌های پوشینه‌دار در مقایسه با واریته‌های اصلاح شده جدید واکنش ضعیفی به افزایش جذب مواد مغذی داشته باشند. مطالعات نشان داده‌اند که گندم‌های ایمر به‌دلیل داشتن ساقه‌های ضعیف و بلند به استفاده نیتروژن زیاد حساس هستند و بنابراین به میزان کمی نیتروژن نیاز دارند (۱۷). این باور مطابق با مشاهده کلی است که گیاهان دارای رشد سریع در محیط‌های نامناسب (به‌عنوان مثال، در دسترس نبودن عناصر غذایی) در مقایسه با گیاهان اصلاح شده سازگار با محیط‌های مطلوب‌تر، واکنش ضعیف‌تری را در جذب منابع و رشد در محیط‌های مناسب (فراوانی مواد مغذی) از خود نشان می‌دهند (۱). این الگوها حاکی از پتانسیل گندم‌های باستانی در دستیابی به تولید زیاد بیوماس، سطح برگ، تجمع نیتروژن و غلظت پروتئین دانه، تحت شرایط دسترسی کم عناصر غذایی، در تقابل آشکار با واریته‌های جدید است. با وجود چنین پتانسیلی برای سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده، این الگو به‌ندرت از نظر کارایی مصرف مواد مغذی در این گیاهان بررسی شده است (۲۴). هدف از این آزمایش بررسی واکنش تعدادی از توده‌های محلی گندم ایمر ایران در مقایسه با گندم‌های اصلاح شده دوروم به مقادیر متفاوت کود نیتروژن از نظر خصوصیات زراعی، عملکردی و برخی ویژگی‌های کیفیتی دانه به‌ویژه محتوای پروتئین دانه است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌منظور بررسی اثر چهار سطح مختلف کود نیتروژن بر خصوصیات زراعی، عملکردی و برخی ویژگی‌های کیفیتی دانه به‌ویژه محتوای پروتئین دانه، با ۱۲ ژنوتیپ گندم تتراپلوئید شامل هشت رقم شناخته شده دوروم (شبرنگ، بهرنگ، آریا، دنا، یاواروس، ساجی، شوآ، کرخه) و چهار واریته محلی پوشینه‌دار ایمر (خویگان، ازنبلاغ، زرنه، سینگرد) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به اجرا درآمد. ژنوتیپ‌های دوروم مورد استفاده از واریته‌های پرعملکرد رایج کشور هستند که توسط مؤسسه تهیه و نهال بذر البرز در اختیار قرار گرفت. گندم‌های پوشینه‌دار از زیرگونهٔ دایکوکوم هستند که قبلاً از منطقه زاگرس مرکزی توسط احسان‌زاده (۱۰) جمع‌آوری و بر اساس روستاهای محل نامگذاری شده‌اند. محل آزمایش در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان، منطقه لورک نجف‌آباد در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی واقع شده است. ارتفاع منطقه آزمایش از سطح دریا۱۶۵۹/۷ متر و میانگین درازمدت بارش و دمای سالانه آن

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش عمق (صفر تا ۶۰ سانتی‌متر)

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	پی اچ	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیتروژن کل (درصد)	عمق خاک (سانتی‌متر)
کلی- لوم	۳/۷۸	۸/۴۵	۶۷/۳۰	۵۶۰/۵۴	۰/۱	۰-۳۰
کلی- لوم	۴/۵۳	۸/۳۷	۶۵/۸۸	۵۵۰/۳۷	۰/۰۹	۳۰-۶۰

به‌ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. زمین محل آزمایش در سال قبل آیش و عملیات تهیه بستر شامل شخم، دو دیسک عمود برهم، تسطیح و بلوک‌بندی بود. آزمون خاک برای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محل انجام آزمایش صورت گرفت (جدول ۱). آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش چهار سطح کود اوره شامل صفر، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان سطوح فاکتور اصلی و ارقام گندم به‌عنوان سطوح فاکتور فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. هر واحد آزمایشی شامل دو خط دو مترو نیمی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و با تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع بود. در هفته آخر آبان‌ماه کشت انجام شد. کود نیتروژن در دو قسط (۵۰ درصد در زمان پنجه‌زنی و ۵۰ درصد در مرحله چکمه) به‌صورت محلول در آب روی خط کشت به‌صورت یکنواخت پخش شد. اندازه‌گیری و نمونه‌برداری طی دوره رشد با رعایت حاشیه از وسط کرت‌ها صورت گرفت. برای اندازه‌گیری صفات فنولوژیک شامل روز تا سنبله‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تعداد روز از زمان کاشت تا ظهور این صفات در ۵۰ درصد از بوته‌ها در هر کرت آزمایشی ثبت شدند. برای اندازه‌گیری میزان رنگدانه‌ها برگ (کروفیل کل، a و b) نمونه‌گیری از برگ پرچم در مرحله زایشی در هر کرت آزمایشی صورت گرفت و از روش لیچنتالر و بشمن (۱۵) برای اندازه‌گیری این رنگدانه‌ها استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه و اجزای آن، بوته‌ها در مساحتی برابر با یک مترمربع از هر کرت آزمایشی در ششم تیرماه سال ۹۷ برداشت شد و جهت اندازه‌گیری عملکرد و اجزای آن شامل تعداد سنبله و وزن هزاردانه به آزمایشگاه منتقل شدند. برای گندم‌های پوشینه‌دار اندازه‌گیری‌ها پس از بوجاری و حذف پوشینه انجام شد. اندازه‌گیری میزان نیتروژن دانه با استفاده از روش کجلدال بر اساس استانداردهای بین‌المللی (AACC) و با استفاده از دستگاه (Kjeltee Auto, 1030 Analyzer) انجام و سپس با استفاده از رابطه دو درصد پروتئین دانه محاسبه شد. همچنین درصد و غلظت نیتروژن دانه به‌ترتیب از روابط ۱ و ۳ به‌دست آمد.

۱) ۱۰۰× محتوای نیتروژن دانه × ۰/۰۰۱۴۰۰۷= درصد نیتروژن دانه

۲) ۶/۲۵ × درصد نیتروژن دانه = درصد پروتئین دانه

۳) ۱۰ × درصد نیتروژن دانه = غلظت نیتروژن دانه

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 صورت گرفت و سپس مقایسه میانگین‌ها برای صفاتی که آزمون F آنها معنی‌دار بود، با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد.

نتایج و بحث

اثر کود نیتروژن بر تعداد سنبله (در مترمربع) معنی‌دار نبود (جدول ۲). گاستانگا و همکاران (۷) نیز در آزمایشی واکنش گندم‌های پوشینه‌دار ایمر، اینکورن، اسپلت و گندم نان را در سطوح مختلف کود اوره صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (۳/۲ و ۴/۵ زادوکس) ارزیابی کردند و اعلام کردند که اثر کود نیتروژن بر تعداد سنبله در گندم معنی‌دار نبود. اثر متقابل بین ژنوتیپ و نیتروژن برای تعداد سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن برای بروز این

جدول۲. نتایج تجزیه واریانس صفات اجزای عملکرد، فیزیولوژیک و کیفیتی در ۱۲ ژنوتیپ گندم تتراپلوئید در چهار سطح کود اوره

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		تعداد سنبله در مترمربع	عملکرد دانه (کیلوگرم درمتر مربع)	وزن هزاردانه (گرم)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی	روز تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی	روز تا ۵۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک	درصد نیتروژن دانه	درصد پروتئین دانه	غلظت نیتروژن دانه
					(میلی‌گرم بر وزن تر برگ)								(گرم بر لیتر)
تکرار	۲	۱۱۸۳۹/۱۰	۰/۰۶۴۲	۳۵*	۰/۰۳۸۳	۰/۰۷۵۰	۰/۲۱۷۴	۵۹/۵۰	۶/۶۳	۲/۴۲	۰/۰۲۴۶	۰/۹۳۷۲	۲/۴۶
نیتروژن	۳	۲۷۹۲/۹۰	۰/۰۲۴۰	۸/۶۰	۰/۰۴۷۱	۰/۰۲۶۴	۰/۰۴۰۱	۱۶/۹۷	۶/۳۱	۱۰/۹۴*	۰/۱۰۲۴	۲/۶۸	۱۰/۲۴
خطای a	۶	۱۱۹۱۸/۱۹	۰/۰۴۵۵	۵/۵۳	۰/۰۴۸۰	۰/۰۴۳۰	۰/۱۵۱۵	۲۰/۲۹	۷/۴۰	۱/۹۰	۰/۰۳۳۳	۰/۸۳۵۴	۳/۳۳
ژنوتیپ	۱۱	۱۴۲۳۷۰/۷۷**	۰/۲۲۵۵**	۸۶۰/۹۶**	۰/۰۸۱۷**	۰/۰۷۱۷**	۰/۲۷۹۳**	۹۲۷/۳۵**	۴۲۱/۸۰	۷/۲۲**	۰/۲۷۵۹**	۱۲/۴۷*	۲۷/۵۹**
دوروم	۷	۱۱۱۱۷/۷۲	۰/۰۳۱۷	۲۰۵/۳۹**	۰/۰۹۰۳*	۰/۰۸۵۳**	۰/۳۱۸۸**	۳۱/۶۴	۲۵/۱۳	۲/۰۹	۰/۰۱۷۱**	۰/۳۰۱۴	۱/۷۱**
ایمر	۳	۶۹۷۸۱/۵۰**	۰/۰۰۰۶	۰/۷۴۸۳	۰/۰۱۳۸	۰/۰۳۷۱	۰/۰۴۲۴	۱۳/۶۳	۵۳/۰۳	۰/۰۵۶۹	۰/۰۲۹۲*	۱/۱۴*	۲/۹۲*
بین زیرگونه‌ها	۱	۱۲۷۳۰۵۷/۰۲**	۲/۲۶**	۸۰۲۹/۸۰**	۱۲۹۳/۶۸*	۰/۰۸۰۸	۰/۷۱۲۲**	۹۹۳۳/۷۰**	۴۳۰۵/۷۹	۶۷/۳۵**	۲/۸۱**	۱۳۱/۴۴**	۲۸۱/۲۷**
زیرگونه× نیتروژن	۳	۱۵۰۰۵/۳۶	۰/۰۱۴۳	۲۸/۷۰*	۰/۰۴۲۳	۰/۰۱۵۶	۰/۱۳۵۳	۶۱/۰۵**	۱۱۸/۵۶**	۳/۲۱	۰/۰۷۳۳	۳/۳۸**	۷/۳۳
ژنوتیپ× نیتروژن	۳۳	۱۳۱۴۲/۸۹	۰/۰۱۱۴	۱۲/۹۸*	۰/۰۳۶۷	۰/۰۲۵۹	۰/۱۱۲۳	۳۷/۰۱**	۳۸	۲/۳۹	۰/۰۱۳۸**	۰/۵۱۰۹**	۱/۳۸**
دوروم× نیتروژن	۲۱	۶۱۷۱/۱۵	۰/۰۱۵۵	۱۵/۹۴*	۰/۰۴۱۳	۰/۰۲۸۶	۰/۱۱۶۰	۴۵/۲۶**	۳۰/۰۷**	۲/۶۷	۰/۰۰۴۷	۰/۱۰۱۰	۰/۴۷۶۰
ایمر× نیتروژن	۹	۲۸۴۱۹/۷۴**	۰/۰۰۰۷	۰/۸۰۲۹	۰/۰۲۲۱	۰/۰۲۲۲	۰/۰۹۴۰	۹/۰۵	۲۹/۵۸	۱/۴۴	۰/۰۱۵۳	۰/۴۹۱۷	۱/۵۳
خطا b	۸۸	۸۲۲۶/۷۴	۰/۰۱۴۸	۸/۲۲	۰/۰۳۲۸	۰/۰۲۳۷	۰/۰۸۵۵	۳/۲۵	۳/۲۵	۲/۲۲	۰/۲۴۵۷	۰/۲۴۵۷	۰/۶۷۸۴
ضریب تغییرات (درصد)		۲۲	۲۷	۸	۱۵	۴۲	۱۹	۱۶	۲۸	۰/۷۸	۳	۳	۳

* و** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

صفت است، ولی اثر متقابل بین ژنوتیپ و نیتروژن در هر دو زیرگونه دوروم و ایمر غیرمعنی‌دار بود. همچنین اثر ژنوتیپ بر تعداد سنبله در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای تعداد سنبله نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن تعداد سنبله در مترمربع به‌طور غیرمعنی‌دار افزایش یافت. اگرچه به‌طور کلی میانگین این صفت برای همه ژنوتیپ‌ها معادل ۴۰۶/۱۰ سنبله در مترمربع بود، ولی میانگین این صفت در گروه ایمر با ۵۳۹/۷۱ سنبله در مترمربع بسیار بیشتر از گروه دوروم با ۳۳۹/۳۰ سنبله در مترمربع بود (جدول ۳). این یافته‌ها با نتایج پورآذری و همکاران (۱۹) در مطالعه مقایسه گندم‌های پوشینه‌دار و ماکارونی در پاسخ به کود نیتروژن منطبق بود. تفاوت تعداد سنبله در ژنوتیپ‌های گروه دوروم معنی‌دار نبود، ولی در بین ژنوتیپ‌های گروه ایمر و بین دو زیرگونه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش سطوح کود نیتروژن در ارقام دوروم میانگین تعداد سنبله کاهش یافت که کمترین تعداد مربوط به تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود ولی در همین تیمار کودی، ارقام ایمر بیشترین تعداد سنبله (۵۷۰ سنبله در مترمربع) را دارا بودند و به‌طور کلی با افزایش سطوح نیتروژن تعداد سنبله در این گروه افزایش یافت (جدول ۴). با اینکه ارقام ایمر تعداد سنبله بیشتری را نسبت به ارقام دوروم دارا بودند ولی عملکرد دانه کمتری را از خود نشان دادند. این واکنش را می‌توان به‌دلیل اصلاح نشدن خصوصیات زراعی و عملکرد دانه و همچنین عدم کودپذیری ارقام ایمر دانست که کود تخصیص داده شده را به‌جای افزایش عملکرد دانه، صرف تولید بیوماس و پنجه‌های بیشتر کرده است. نیتروژن از طریق بهبود رشد گره‌های انشعاب و تقویت آنها باعث افزایش تعداد سنبله بیشتری می‌شود. با وجود این، تشکیل تعداد دانه در این سنبله‌ها تعیین کننده عملکرد نهایی است (۹).

اثر کود نیتروژن بر عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع) معنی‌دار نبود ولی ژنوتیپ اثر معنی‌دار بر این صفت داشت (جدول ۲). میانگین عملکرد دانه در گروه دوروم با ۰/۵۲۸ کیلوگرم در مترمربع، حدود دو برابر گروه ایمر با ۰/۲۶۳ کیلوگرم در مترمربع بود (جدول ۳). اثر متقابل بین ژنوتیپ و نیتروژن در هر دو گروه دوروم و ایمر و همچنین اثر متقابل بین دو زیرگونه با نیتروژن غیرمعنی‌دار بود. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در گروه دوروم و همچنین گروه ایمر غیرمعنی‌دار ولی بین دو زیرگونه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل بین گروه‌های گندم و سطوح نیتروژن معنی‌دار نبود، با وجود این با افزایش سطح کود نیتروژن به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میانگین عملکرد دانه در ارقام دوروم تا حدودی افزایش ولی در ارقام ایمر کاهش یافت (جدول ۴). در ارقام پوشینه‌دار ایمر عملکرد دانه کمتر حتی با افزایش سطح کود نیتروژن، می‌تواند به‌دلیل عدم پاسخ این ارقام به کود به‌دلایل ساختار ژنتیکی گیاه، فیزیولوژیک، و عدم به‌نژادی در این ارقام باشد. تراکولی وکودیانی (۲۸) نیز نشان دادند با افزایش سطوح کود نیتروژن از صفر تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه در هر سه ژنوتیپ گندم پوشینه‌دار هگزاپلوئید مورد بررسی آنها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین اثر کود نیتروژن بر وزن هزاردانه (گرم) غیرمعنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ بر وزن هزاردانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل بین ژنوتیپ و نیتروژن و همچنین اثر متقابل بین ژنوتیپ با نیتروژن در هر دو زیرگونه دوروم و ایمر غیرمعنی‌دار بود. تفاوت وزن هزاردانه در گروه دوروم و بین دو زیرگونه در سطح یک درصد معنی‌دار و در گروه ایمر غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲) نتایج مقایسه میانگین برای وزن هزاردانه نشان داد که با افزایش مقادیر کود نیتروژن وزن هزاردانه تغییر معنی‌داری نداشته است (جدول ۳). این نتایج با گزارش پورآذری و همکاران (۱۹) مطابقت دارد. رمضانی و آساد (۲۳) گزارش کردند که وزن هزاردانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه است و با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت ذخیره از مواد فتوسنتزی می‌کنند. آنها بیان داشتند که به‌دلیل تابعیت بیشتر وزن هزاردانه از عوامل ژنتیکی نسبت به

جدول ۳. مقایسات میانگین صفات برای سطوح مختلف کود اوره و ژنوتیپ‌ها

عامل	تعداد سنبله (در مترمربع)	عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع)	وزن هزاردانه (گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر وزن تر برگ)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر وزن تر برگ)	روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی	روز تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی	روز تا ۵۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک	درصد نیتروژن دانه	درصد پروتئین دانه	غلظت نیتروژن دانه (گرم بر لیتر)
اوره (کیلوگرم در هکتار)												
۰	۴۱۴/۷۵^{a}	۰/۴۵۴۷^{a}	۳۳/۷۹^{a}	۱/۱۵^{a}	۰/۳۵۵۴^{a}	۱/۵۰^{a}	۱۵۳/۳۰^{a}	۱۶۳/۷۵^{a}	۱۸۹/۲۱^{bc}	۲/۰۸^{ab}	۱۲/۹۱^{b}	۲۰/۸۳^{ab}
۵۰	۴۰۸^{a}	۰/۴۳۱۴^{a}	۳۳/۷۹^{a}	۱/۱۷^{a}	۰/۳۷۲۲^{a}	۱/۵۴^{a}	۱۵۱/۹۷^{a}	۱۶۳/۲۷^{a}	۱۸۹/۹۴^{c}	۲/۱۷^{a}	۱۳/۴۴^{a}	۲۱/۷۸^{a}
۱۵۰	۳۹۴/۱۱^{a}	۰/۴۰۸۵^{a}	۳۴/۵۷^{a}	۱/۱۵^{a}	۰/۳۲۸۰^{a}	۱/۴۸^{a}	۱۵۳/۰۸^{a}	۱۶۳/۰۸^{a}	۱۸۹/۹۱^{ab}	۲/۰۵^{a}	۱۲/۸۶^{b}	۲۰/۵۸^{b}
۲۰۰	۴۰۷/۵۶^{a}	۰/۴۶۸۰^{a}	۳۴/۶۴^{a}	۱/۰۸^{a}	۰/۳۹۲۰^{a}	۱/۴۵^{a}	۱۵۳/۵۵^{a}	۱۶۲/۷۵^{a}	۱۹۰/۰۵^{a}	۲/۱۱^{ab}	۱۳/۱۶^{ab}	۲۱/۱۹^{ab}
LSD (0.05)	۶۲/۹۶	۰/۱۲۳۱	۱/۳۵	۰/۱۲۶۴	۱۱/۹۷	۰/۲۲۴۵	۲/۵۹	۰/۷۹۵۵	۰/۱۵۰۷	۰/۱۰۵۲	۰/۵۲۷۲	۱/۰۵
گروه ایمر	۵۳۹/۷۱^{a}	۰/۲۶۳۹^{b}	۲۳/۶۴^{b}	۱/۰۸^{b}	۰/۳۲۸۹^{a}	۱/۴۰^{b}	۱۶۴/۷۵^{b}	۱۷۰/۹۵^{a}	۱۹۰/۵۲^{a}	۲/۳۰^{a}	۱۴/۴۵^{a}	۲۳/۰۹^{a}
زرنه	۴۹۷/۵۸^{ab}	۰/۲۵۷۱^{e}	۲۳/۹۹^{e}	۱/۰۹^{cde}	۰/۲۸۷۹^{cd}	۱/۳۷^{cd}	۱۶۳/۱۶^{a}	۱۷۰/۵۰^{ab}	۱۹۰/۵۰^{ab}	۲/۲۵^{c}	۱۴/۰۸^{c}	۲۲/۵۳^{c}
سینگرد	۴۸۵/۸۳^{ab}	۰/۲۶۰۵^{e}	۲۳/۳۸^{e}	۱/۰۵^{de}	۰/۲۸۹۹^{cd}	۱/۳۴^{cd}	۱۶۵/۰۸^{a}	۱۶۸/۱۶^{b}	۱۹۰/۵۰^{ab}	۲/۳۷^{a}	۱۴/۸۲^{a}	۲۳/۷۲^{a}
خویگان	۵۲۲/۸۳^{ab}	۰/۲۶۲۵^{e}	۲۳/۴۷^{e}	۱/۰۷^{de}	۰/۳۳۴۴^{cd}	۱/۴۰^{bcd}	۱۶۵/۱۶^{a}	۱۷۲/۵۸^{a}	۱۹۰/۵۸^{a}	۲/۳۲^{ab}	۱۴/۵۰^{ab}	۲۳/۲۱^{ab}
ازنبلاغ	۶۵۲/۵۸^{a}	۰/۲۷۵۳^{e}	۲۳/۷۱^{e}	۱/۱۳$^{a-d}$	۰/۴۰۳۵^{abc}	۱/۴۷^{bcd}	۱۶۵/۵۸^{a}	۱۷۲/۵۸^{a}	۱۹۰/۵۰^{ab}	۲/۲۸^{bc}	۱۴/۳۹^{bc}	۲۲/۸۹^{bc}
گروه دوروم	۳۳۹/۳۰^{b}	۰/۵۲۸۸^{a}	۳۹/۴۸^{a}	۱/۰۲^{e}	۰/۳۷۸۴^{a}	۱/۵۴^{a}	۱۴۷/۰۹^{b}	۱۵۹/۳۴^{b}	۱۸۹/۰۶^{b}	۲/۰۱^{b}	۱۲/۴۱^{b}	۲۰/۱۰^{b}
شبرنگ	۳۲۵/۲۵^{cd}	۰/۵۷۹۵^{abc}	۳۷/۵۴^{c}	۱/۱۳$^{a-d}$	۰/۲۷۶۶^{d}	۱/۳۰^{d}	۱۴۶/۳۳^{bc}	۱۵۹/۷۵^{cd}	۱۸۹/۶۶^{abc}	۱/۹۵^{g}	۱۲/۲۳^{e}	۱۹/۵۸^{g}
دنا	۳۰۴/۶۷^{d}	۰/۴۶۷۵^{d}	۳۷/۷۹^{c}	۱/۲۹^{a}	۰/۲۹۴۴^{cd}	۱/۴۳^{bcd}	۱۴۸/۶۶^{b}	۱۵۸/۵۰^{cd}	۱۸۸/۹۱^{cd}	۲$^{d-g}$	۱۲/۵۴^{de}	۲۰/۰۷$^{e-g}$
آریا	۳۶۶^{cd}	۰/۵۰۴۹$^{a-d}$	۴۱/۲۷^{b}	۱/۱۹$^{a-d}$	۰/۴۶۳۷^{bcd}	۱/۷۵^{a}	۱۴۶/۹۱^{bc}	۱۶۱/۴۱^{c}	۱۸۹/۴۱$^{a-d}$	۲/۰۶^{d}	۱۲/۴۰^{de}	۲۰/۶۴^{d}
بهرنگ	۳۳۸/۵۸^{cd}	۰/۵۸۸۳^{ab}	۴۴/۵۱^{a}	۱/۲۴^{ab}	۰/۳۶۷۷^{bcd}	۱/۵۶^{abc}	۱۴۵/۸۳^{bc}	۱۵۷/۹۱^{cd}	۱۸۹/۶۶^{cd}	۲/۰۳^{de}	۱۲/۶۴^{d}	۲۰/۳۶^{de}
یاواروس	۳۰۳/۳۳^{d}	۰/۴۸۲۵^{cd}	۳۷/۱۵^{c}	۱/۲۲^{abc}	۰/۵۲۵۸^{a}	۱/۷۶^{a}	۱۴۸/۱۶^{b}	۱۵۹/۷۵^{cd}	۱۸۸/۳۳^{d}	۱/۹۶^{fg}	۱۲/۲۹^{de}	۱۹/۶۷^{fg}
شوا	۳۲۷/۰۸^{cd}	۰/۴۹۲۸^{bcd}	۴۵/۳۴^{a}	۱/۰۸^{cde}	۰/۴۰۴۹^{abc}	۱/۶۲^{ab}	۱۴۸^{b}	۱۵۹/۷۵^{cd}	۱۸۹/۳۳^{bcd}	۲/۰۳^{de}	۱۲/۴۰^{de}	۲۰/۳۸^{de}
کرخه	۳۷۱/۱۷^{cd}	۰/۵۲۳۰$^{a-d}$	۳۲/۷۸^{d}	۱/۱۵$^{a-e}$	۰/۳۶۰۹^{bcd}	۱/۴۴^{bcd}	۱۴۸/۸۳^{b}	۱۶۰/۶۶^{cd}	۱۸۹^{cd}	۱/۹۸^{efg}	۱۲/۲۳^{e}	۱۹/۸۴^{efg}
ساجی	۳۷۸/۳۳^{c}	۰/۵۹۲۲^{a}	۳۹/۴۴^{bc}	۱/۱۶^{a}	۰/۳۳۳۱^{cd}	۱/۴۹^{bcd}	۱۴۴^{c}	۱۵۷^{d}	۱۸۸/۶۶^{cd}	۲/۰۲^{def}	۱۲/۵۷^{de}	۲۰/۲۵^{def}
LSD (0.05)	۷۳/۵۸	۰/۰۹۸۹	۲/۳۲	۰/۱۴۷	۰/۱۲۵	۰/۲۳۷۳	۳/۲۸	۴/۳۱	۱/۲۰	۲/۰۱	۰/۴۰۲۲	۰/۶۶۸۲

در هر عامل آزمایشی و هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD هستند.

جدول ۴. مقایسات میانگین صفات برای زیرگونه‌ها در سطوح مختلف کود اوره

صفت	گروه	سطح اوره (کیلوگرم در هکتار)				LSD (۰/۰۵)
		۰	۵۰	۱۵۰	۲۰۰	
تعداد سنبله (در مترمربع)	زیرگونه دوروم	۳۴۸/۹۱^{c}	۳۳۷/۴۱^{c}	۳۴۷^{c}	۳۲۶/۳۳^{d}	۱۴۶/۶۳
	زیرگونه ایمر	۵۴۷/۷۵^{ab}	۵۵۴/۰۸^{a}	۴۸۰/۳۳^{abc}	۵۷۰^{a}	
عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع)	زیرگونه دوروم	۰/۵۴۱۶^{ab}	۰/۵۲۶۵^{abc}	۰/۴۷۷۹^{abc}	۰/۵۷۰۶^{a}	۰/۱۹۶۷
	زیرگونه ایمر	۰/۲۷۶۲^{d}	۰/۲۴۳۸^{d}	۰/۲۶۹۷^{d}	۰/۲۶۲۸^{d}	
وزن هزاردانه (گرم)	زیرگونه دوروم	۳۹/۱۲^{abc}	۳۹/۲۷^{ab}	۳۸/۹۷^{abc}	۴۰/۵۳^{a}	۴/۶۳
	زیرگونه ایمر	۲۳^{d}	۲۲/۸۰^{d}	۲۵/۷۷^{d}	۲۲/۸۵^{d}	
کلروفیل a (میلی‌گرم بر وزن تر برگ)	زیرگونه دوروم	۱/۱۵^{a}	۱/۲۱^{a}	۱/۱۶^{a}	۱/۱۳^{a}	۰/۲۹۲۸
	زیرگونه ایمر	۱/۱۳^{a}	۱/۰۶^{a}	۱/۱۴^{a}	۰/۹۹^{a}	
کلروفیل b (میلی‌گرم بر وزن تر برگ)	زیرگونه دوروم	۰/۳۶۷۰^{a}	۰/۳۸۲۱^{a}	۰/۳۳۳۳^{a}	۰/۴۳۰۳^{a}	۰/۲۴۸۹
	زیرگونه ایمر	۰/۳۲۸۱^{a}	۰/۳۵۰۸^{a}	۰/۳۱۷۴^{a}	۰/۳۱۵۲^{a}	
کلروفیل کل (میلی‌گرم بر وزن تر برگ)	زیرگونه دوروم	۱/۵۲^{a}	۱/۶۰^{a}	۱/۴۹^{a}	۱/۵۶^{a}	۰/۴۷۲۷
	زیرگونه ایمر	۱/۴۶^{a}	۱/۴۱^{a}	۱/۴۶^{a}	۱/۲۴^{a}	
روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی	زیرگونه دوروم	۱۴۸/۷۵^{d}	۱۴۵/۲۴^{d}	۱۴۶/۹۵^{d}	۱۴۷/۴۵^{d}	۲/۹۱
	زیرگونه ایمر	۱۶۲/۴۸^{c}	۱۶۵/۵۰^{ab}	۱۶۵/۳۳^{abc}	۱۶۵/۷۵^{a}	
روز تا۵۰ درصد گرده‌افشانی	زیرگونه دوروم	۱۵۸/۷۵^{cde}	۱۵۸/۳۷^{cde}	۱۵۹/۹۱^{cd}	۱۶۰/۳۳^{c}	۲/۹۱
	زیرگونه ایمر	۱۷۳/۷۵^{a}	۱۷۳/۰۸^{a}	۱۴۹/۴۱^{f}	۱۶۷/۵۸^{b}	
روز تا ۵۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک	زیرگونه دوروم	۱۸۹/۰۴^{abc}	۱۸۸/۳۳^{d}	۱۸۹/۵۰^{abc}	۱۸۹/۳۷^{abc}	۲/۴۰
	زیرگونه ایمر	۱۸۹/۶۵^{abc}	۱۹۰/۱۶^{ab}	۱۹۰/۸۳^{ab}	۱۹۱/۴۱^{a}	
درصد نیتروژن دانه	زیرگونه دوروم	۲^{a}	۲/۰۴^{a}	۱/۹۸^{a}	۲^{a}	۰/۸۰۱۳
	زیرگونه ایمر	۲/۲۲^{a}	۲/۴۵^{a}	۲/۱۹^{a}	۲/۳۵^{a}	
درصد پروتئین دانه	زیرگونه دوروم	۱۲/۳۴^{d}	۱۲/۵۲^{d}	۱۲/۴۲^{d}	۱۲/۳۸^{d}	۰/۸۰۱۳
	زیرگونه ایمر	۱۴/۰۴^{bc}	۱۵/۳۱^{a}	۱۳/۷۴^{c}	۱۴/۷۱^{ab}	
غلظت نیتروژن دانه (گرم بر لیتر)	زیرگونه دوروم	۲۰/۰۸^{d}	۲۰/۴۶^{d}	۱۹/۸۸^{d}	۲۰/۰۲^{d}	۱/۳۳
	زیرگونه ایمر	۲۲/۲۹^{bc}	۲۴/۵۰^{a}	۲۱/۹۹^{c}	۲۳/۵۴^{ab}	

معنی‌داری در سطح LSD ۰/۰۵

محیطی، افزایش سطح کود اوره تأثیری در بیشتر شدن وزن هزاردانه گیاه جو ندارد. شکوفا و امام (۲۲) نیز در آزمایش خود نشان دادند که با افزایش سطح کود اوره تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در وزن هزاردانه گندم تغییری رخ نمی‌دهد). میانگین وزن هزاردانه برای ژنوتیپ‌ها ۳۴/۴۵ گرم بود درحالی که ژنوتیپ‌های زراعی دوروم نسبت به پوشینه‌دار ایمر از وزن هزاردانه بیشتری برخوردار بودند.

در مقایسات گروهی ژنوتیپ‌ها، در ارقام دوروم به‌طور کلی با افزایش سطوح نیتروژن وزن هزاردانه افزایش یافت که بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود، اما در ارقام پوشینه‌دار ایمر وزن هزاردانه در سطوح مختلف اوره تفاوت محسوسی نداشت اگر چه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره بیشترین وزن هزاردانه به‌دست آمد (جدول ۴) که مطابق با یافته‌های پژوهشگران دیگر است (۱۹).

اثر کود نیتروژن بر محتوی کلروفیل کل، a و b (میلی‌گرم بر وزن تر برگ) برگ غیرمعنی‌دار بود. اثر متقابل بین ژنوتیپ و نیتروژن فقط برای کلروفیل b در گروه دوروم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل بین دو زیرگونه با نیتروژن غیرمعنی‌دار بود. در گروه دوروم کلروفیل کل و b در سطح یک درصد و کلروفیل a در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند ولی هر سه صفت در گروه ایمر و بین دو زیرگونه غیرمعنی‌دار بودند (جدول ۲). اثر متقابل بین گروه‌های گندم و سطوح نیتروژن نیز برای این سه صفت معنی‌دار نبود. اما اثر ژنوتیپ برای هر سه صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین ژنوتیپ‌ها برای کلروفیل کل، a و b به‌ترتیب ۱/۱۳، ۰/۳۶۱۹ و ۱/۴۸ (میلی‌گرم بر وزن تر برگ) بود. میانگین هر سه صفت فوق در گروه دوروم تقریباً کمی بیشتر از گروه ایمر بود (جدول ۳) که در محدوده مقادیر گزارش شده توسط وقار و همکاران (۳۰) است. میزان نیتروژن قابل دسترس برای گیاه می‌تواند محتوای کلروفیل برگ، اندازه و حجم پروتوپلاسم سلولی را افزایش و همچنین سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار دهد (۸). با افزایش سطوح نیتروژن، کلروفیل کل و a در ارقام دوروم و ایمر تا حدودی روند کاهشی داشتند اما در سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن میانگین کلروفیل b در ارقام دوروم تا حدودی افزایش یافت (جدول ۴).

اثر کود نیتروژن بر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار و برای صفات روز تا سنبله‌دهی و روز تا گرده‌افشانی غیرمعنی‌دار بود. اثر متقابل بین ژنوتیپ و نیتروژن برای روز تا سنبله‌دهی در سطح یک درصد معنی‌دار بود که حاکی از تأثیر متفاوت کود نیتروژن بر روز تا سنبله‌دهی ژنوتیپ‌ها است ولی برای صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و روز تا گرده‌افشانی این اختلاف معنی‌دار نبود. در گروه گندم‌های دوروم اثر متقابل بین ژنوتیپ با نیتروژن برای صفات روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح پنج درصد معنی‌دار و در گروه ایمر غیرمعنی‌دار بود. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در گروه دوروم برای هر سه صفت غیرمعنی‌دار ولی در گروه ایمر برای روز تا گرده‌افشانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اختلاف بین زیرگونه‌ها برای هر سه صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بود . همچنین اثر ژنوتیپ برای هر سه صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برای روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که با افزایش مقادیر کود نیتروژن این صفت به‌طور معنی‌دار افزایش و روز تا سنبله‌دهی به‌طور غیرمعنی‌دار افزایش و روز تا گرده‌افشانی به‌طور غیرمعنی‌داری کاهش یافتند (جدول ۳)..

با افزایش سطوح کود نیتروژن در ارقام ایمر، صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا گرده‌افشانی روند افزایشی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک روند کاهشی داشتند اما در ارقام دوروم با افزایش مصرف کود نیتروژن روز تا سنبله‌دهی روند کاهشی و روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی فیزولوژیک روند افزایشی داشتند (جدول ۴). جذب نیتروژن بعد از گلدهی در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای، مشابه شرایط ایران که معمولاً شرایط خشکی بعد از مرحله گرده‌افشانی رخ می‌دهد، کم است (۵).

کمیت و کیفیت پروتئین دانه گندم از عامل‌های اصلی تعیین

کننده کیفیت محصول نهایی آن هستند که تحت تأثیر ژنتیک و شرایط محیطی هستند. اثر متقابل بین ژنوتیپ و سطوح نیتروژن برای هر سه صفت درصد نیتروژن، درصد پروتئین و غلظت نیتروژن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل بین ژنوتیپ با نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل بین نیتروژن با دو زیرگونه گندم غیرمعنی‌دار بود. در گروه دوروم درصد نیتروژن و غلظت نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار ولی در گروه ایمر و بین دو زیرگونه هر سه صفت در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). اثر متقابل بین گروه‌های گندم و سطوح نیتروژن برای ایمر در سطح پنج درصد معنی‌دار ولی برای گروه دوروم معنی‌دار نبود (جدول ۴). اثر کود نیتروژن و اثر ژنوتیپ بر درصد نیتروژن، درصد پروتئین و غلظت نیتروژن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). لئو و همکاران (۱۶) نشان دادند که کاربرد نیتروژن محتوی پروتئین دانه گندم را افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مقادیر کود نیتروژن درصد نیتروژن، درصد پروتئین و غلظت نیتروژن دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین میانگین درصد پروتئین، درصد نیتروژن و غلظت نیتروژن دانه در گروه ایمر به‌ترتیب ۱۴/۴۵، ۲/۳۰ و ۲۳/۰۹ و در گروه دوروم ۱۲/۴۱، ۲/۰۱ و ۲۰/۱۰ بود. میانگین درصد پروتئین در دانه در ارقام پوشینه‌دار ایمر تقریباً ۱۷ درصد بیشتر از ارقام دوروم بود (جدول ۳).

با افزایش سطح کود نیتروژن درصد پروتئین، درصد نیتروژن و غلظت نیتروژن دانه در ارقام ایمر افزایش یافت که بالاترین مقادیر این سه صفت در این گروه در تیمار۵۰ کیلوگرم اوره بود، اما در ارقام دوروم درصد نیتروژن دانه روند تقریباً ثابت و درصد پروتئین و غلظت نیتروژن دانه روند کاهشی داشتند. پورآذری و همکاران (۲۰) مقایسه‌ای بین الگوی رشد و کارایی مصرف نیتروژن ارقام پوشینه‌دار ایمر و دوروم انجام دادند و گزارش کردند که کارایی جذب نیتروژن و غلظت نیتروژن دانه در ارقام ایمر بیشتر بود. همچنین نشان دادند که کارایی مصرف نیتروژن در ارقام قدیمی در سطح کم کود و در ارقام دوروم در سطح زیاد کود بیشتر بود

بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته و آنچه که انتظار می‌رفت، گندم‌های پوشینه‌دار ایمر عملکرد دانه و وزن هزار دانهٔ کمتری را در مقابل گندم‌های دوروم داشتند. علت این امر، عدم انجام به‌نژادی در جهت بهبود صفات زراعی مناسب در این گندم‌ها است. مهم‌ترین یافته این پژوهش محتوای زیاد پروتئین دانه گندم‌های ایمر و همچنین پاسخ منفی آنها به استفاده از کود نیتروژن بود. در مقایسه با گندم‌های جدید، این گندم‌ها از نظر ویژگی‌های تغذیه‌ای وکیفیت دانه به‌ویژه پروتئین برتر هستند و در زمین‌های حاشیه‌ای و کم‌نهاده به‌دلیل مقاومت در برابر انواع تنش‌های زنده و غیرزنده عملکرد قابل قبولی را تولید می‌کنند که در راستای مدیریت و مصرف بهینه کودهای شیمیایی و رعایت مسائل زیست‌محیطی می‌تواند حائز اهمیت باشد. گندم‌های پوشینه‌دار ایمر یک منبع ژنتیکی غنی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود صفات در گندم‌های دوروم هستند.

منابع مورد استفاده

1. Aerts, R. and F. S. Chapin. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research* 30: 1-67.
2. Arzani, A. and M. Ashraf. 2017. Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): A potential source of health-beneficial food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 477-488.
3. Austin, R. B., C. L. Morgan and M. A. Ford. 1986. Dry-matter yields and photosynthetic rates of diploid and hexaploid *Triticum* species. *Annals of Botany* 57: 847-857.
4. Barbottin, A., C. Lecomte, C. Bouchard and M. H. Jeuffroy. 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: genotypic and environmental effects. *Crop Science* 45: 1141-1150.
5. Bohrani, A. and Z. Tahmasebi Sarvestani. 1988. Effect of nitrogen application rate and time on yield, yield components and dry matter remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science*

12(2): 369-376. (In Farsi).
6. Cakmak, I., A. Torun, E. Millet, M. Feldman, T. Fahima, A. Korol, E. Nevo, H. J. Braun and H. Ozkan. 2004. *Triticum dicoccoides*: An important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Science* 50: 1047-1054.
7. Castagna, R., C. Minoia, O. Porfiri and G. Rocchett. 1996. Nitrogen level and seeding rate effects on the performance of hulled wheats (*Triticum monococcum* L.*, T. dicoccum* Schubler and *T. spelta* L. evaluated in contrasting agronomic environments. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176: 173-181.
8. Delfin, S., R. Tognetti, E. Dsiderio and A. Alvino. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development* 25: 183-191.
9. Ehdaie, B. and J. G. Waines. 1996. Genetic variation for contribution of preanthesis assimilates to grain yield in spring wheat. *Journal of Plant Genetics and Breeding* 50: 47-56.
10. Ehsanzadeh, P., M. S. Nekoonam, J. N. Azhar, H. Pourhadian and S. Shaydaee. 2009. Growth, chlorophyll, and cation concentration of tetraploid wheat on a solution high in sodium chloride salt: Hulled versus free-threshing genotypes. *Journal of Plant Nutrition* 32: 58-70.
11. Emam Y. and M. J. Seghatoeslami. 2005. Crop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University Press, Shiraz, Iran. (In Farsi).
12. Emam, Y. and M. Niknejad .2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. 2nd Ed Shiraz University Press, Shiraz, Iran. (In Farsi).
13. Godfray, H. C. J., J. R. Beddington, I. R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J. F. Muir, J. Pretty, S. Robinson, S. M. Thoma and C. Toulmin. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812-818.
14. Hagenblad, J., L. Asplund, F. Balfourier, C. Ravel and M. W. Leino. 2012. Strong presence of the high grain protein content allele of NAM-B1 in Fennoscandian wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 125: 1677-1686.
15. Lichtenthaler, H. K. and C. Buschmann. 2001. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV–VIS spectroscopy. PP. 1-34. *In*: Wrolstad R. E., (Eds.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry, Wiley, New York.
16. Luo, C., G. Branlard, W. B. Griffin and D. L. McNeil. 2000. The effect of nitrogen and Sulphur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. *Cereal Science* 31: 185-194.
17. Marino, S., R. Tognetti and A. Alvino. 2009. Crop yield and grain quality of emmer populations grown in central Italy, as affected by nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy* 31: 233-240.
18. Perrino, P. and K. Hammer. 1982. *Triticum monococcum* L. and *T. dicoccum* Schubler (Syn of *T.dicoccon* Schrank) are still cultivated in Italy. *Agricultural Genetics* 36: 343-352.
19. Pourazari, F., P. Ehsanzadeh and Sh. Jahanbin. 2012. Response of hulled and macaroni tetraploid wheat to different levels of nitrogen fertilizer. *Iranian Journal of Crop Sciences* 40(2): 285-294. (In Farsi).
20. Pourazari, F., G. Vico, P. Ehsanzadeh and M. Weih. 2015. Contrasting growth pattern and nitrogen economy in ancient and modern wheat varieties. *Canadian Journal of Plant Science* 95: 851-860.
21. Simmons, S. R. and D. M. Moss. 1978. Nitrate reductase as a factor affecting nitrogen assimilation during the grain filling period in spring wheat. *Crop Science* 18: 584-586.
22. Shekoofa, A. and Y. Emam. 2008. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (pgrs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) Cv. Shiraz. *Journal of Agricultural* Science *and Technology* 10: 101-108.
23. Ramezani, S. and M. Q. Asad. 1999. Genetic changes in grain yield and related traits in improved barley cultivars. *Journal of Agriculture and Horticulture Research* 21(2): 2-9. (In Farsi).
24. Ruegger, A., M. Winzeler and H. Winzeler. 1993. The influence of different nitrogen levels and seeding rates on the dry matter production and nitrogen uptake of spelt (*Triticum spelta L.*) and wheat (*Triticum aestivum* L.) under field conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science* 171: 124-132.
25. Tanksley, S. D. and J. C. Nelson. 1996. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTL from unadapted germplasm into elite breeding lines. *Theoretical and Applied Genetics* 92: 191-203.
26. Terman, G. L. 1979. Yield and protein content of wheat grain as affected by cultivars, nitrogen and environmental growth factors. *Journal of Agronomy* 71: 437-440.
27. Tindal, T. A., C. S. Jeffrey and R. H. Brooks .1995. Irrigated spring wheat responses to topdreesed nitrogen as predict by flag leaf nitrogen concentration. *Journal of Production Agriculture* 8: 46-52.
28. Troccoli, A. and P. Codianni. 2005. Appropriate seeding rate for Einkorn, Emmer, and Spelt grown under rainfed condition in southern Italy. *European Journal of Agronomy* 22: 293-302.
29. Uauy, C., A. Distelfeld, T. Fahima, A. Blechl and J. Dubcovsky. 2006. A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science* 314: 1298-1301.
30. Vaghar, M. and P. Ehsanzadeh. 2018. Comparative photosynthetic attributes of emmer and modern wheats in response to water and nitrogen supply. *Photosynthetica* 4: 1224-1234.

31. Watanabe, N. 2017. Breeding opportunities for early, free-threshing and semi-dwarf *Triticum monococcum* L. *Euphytica* 8: 201-213.
32. Wacker, L., S. Jacomet and C. Korner. 2002. Trends in biomass fractionation in wheat and barley from wild ancestors to modern cultivars. *Plant Biology* 4: 258-265.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 11, No. 2, Summer 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Response of Emmer and Durum Wheats to Different Levels of Nitrogen Fertilizer

F. Shoormij[1], A. Mirlohi[2*], Gh. Saeedi[2] and M. Shirvani[3]

(Received: August 18-2020; Accepted: February 06-2021)

Abstract

Emmer tetraploid hulled wheats are considered as the ancestor of modern wheat and have considerable potential for durum wheat improvement, especially in terms of grain protein content. To investigate the response of emmer and durum wheats to different levels of nitrogen fertilizer, eight durum and four emmer genotypes were evaluated in the field during 2017 cropping season. The experiment was conducted as split plot using randomized complete block design with three replications. In this setting the main factor was four levels of urea fertilizer (0, 50, 150 and 200 kg ha^{-1}) and the 12 wheat genotypes were considered as the sub-factors. The results of analysis of variance showed that the effect of nitrogen fertilizer levels on days to physiological maturity, grain protein percentage, nitrogen percentage and nitrogen concentration in grains was significant ($p<0.01$). The effect of genotype was also significant ($p<0.01$) for all the measured traits. Emmer genotypes had higher means for spike number per square meter, grain protein, nitrogen concentration in grain and protein percentage compared to durum wheat genotypes. Based on these findings, emmer wheat can be considered as a rich gene resource for improvement of durum wheat, especially the grain protein.

Keywords: Emmer hulled wheat, Durum wheat, Grain protein content, Nitrogen fertilizer

1, 2, 3. PhD Student and Professors of Department of Agronomy and Plant Breeding and Associate professor, Department of Soil Science, Respectively, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: mirlohi@cc.iut.ac.ir