



دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

سال چهارم/ شماره دوم/ ۱۳۹۳ (۱۱۵-۱۲۵)

بررسی خصوصیات کیفی سه ژنوتیپ گندم دوروم تحت تراکم‌های مختلف کاشت در اصفهان

ایمان قدیه زرین‌آبادی^۱ و پرویز احسان‌زاده^{۲*}

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی
دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۲۶)

چکیده

جهت بررسی خصوصیات کیفی سه ژنوتیپ گندم دوروم (PI40100 و Dipper-6، Osta/Gata) تحت تراکم‌های مختلف کاشت، آزمایشی با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. ژنوتیپ‌های گندم دوروم، عامل اصلی و تراکم‌های کاشت (۲۰۰، ۲۷۵، ۳۵۰، ۴۲۵ و ۵۰۰ بذر در متر مربع) به عنوان عامل فرعی آزمایش در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف در رابطه با عملکرد دانه و خصوصیات کیفی (به جز حجم رسوب SDS) تفاوت معنی‌داری وجود داشت. ژنوتیپ‌های Osta/Gata و PI40100 به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه (۴۴۲۲ در مقابل ۲۶۵۷ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد پروتئین دانه (۲۷۹ در مقابل ۱۵۴ کیلوگرم در هکتار) و وزن هکتولتر (۸۴ در مقابل ۸۰ کیلوگرم) را دارا بودند. در رابطه با محتوای پروتئین دانه، گلوتن مرطوب و خشک، ژنوتیپ PI40100 بیشترین مقادیر (به ترتیب ۱۷/۱٪، ۴۵/۳ گرم و ۱۷/۴ گرم) و ژنوتیپ‌های Osta/Gata و Dipper-6 از مقادیر کمتری برخوردار بودند. همچنین بین عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه و وزن هکتولتر همبستگی مثبت بالایی وجود داشت، در حالی که هر کدام از این صفات با محتوای پروتئین دانه و وزن خشک گلوتن همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان دادند. نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش تراکم کاشت، عملکرد دانه (۱۸ درصد)، وزن هکتولتر (۲ درصد) و عملکرد پروتئین (۲۸ درصد) افزایش و از مقدار پروتئین دانه (۸ درصد) و وزن مرطوب (۲۱ درصد) و خشک (۲۰ درصد) گلوتن کاسته شد که با توجه به همبستگی‌های بین این صفات، نتایج حاصل منطقی به نظر می‌رسند. با توجه به تفاوت‌های مشاهده شده بین خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌ها و تراکم‌های مورد استفاده در این آزمایش، انجام آزمایش‌های بیشتر برای حصول اطمینان از تفاوت این ژنوتیپ‌ها و پاسخ آنها به تراکم کاشت پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، تراکم کاشت، عملکرد دانه، گلوتن مرطوب و خشک، گندم دوروم

مقدمه

امروزه گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) تنها گونه تتراپلوئید گندم است که در سطح وسیع کشت می‌گردد. گندم دوروم که حدود پنج درصد از کل سطح زیرکشت گندم جهان را به خود اختصاص داده و تولید جهانی آن حدود ۳۶/۷ میلیون تن می‌باشد، قیمت فروشی بیش از سایر واریته‌های گندم دارد. گندم دوروم به دلیل خصوصیات رئولوژیکی سفت خمیر آن (Reological properties of stiff doughs)، جهت تهیه پاستا مطلوب می‌باشد، هنگام پخت شکل آن تغییر نکرده نرم و روان نمی‌شود، این خصوصیات مربوط به ماهیت گلوتن این نوع گندم می‌باشد که با خاصیت کشسانی متوسط باعث بهبود کیفیت پخت می‌گردد (Ottman, 2000). کیفیت گندم براساس قابلیت تولید یک محصول مناسب برای مصرف‌کنندگان درجه‌بندی شده و به نوع واریته، شرایط فصل رشد، فاکتورهای محیطی و برهمکنش آنها بستگی دارد. از متغیرهای تعیین کننده کیفیت گندم دوروم که در برنامه‌های اصلاحی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان به اندازه دانه، وزن هکتولتر، محتوای پروتئین دانه، ترکیبات پروتئین دانه، مقدار گلوتن و کیفیت آن و میزان ترکیبات نشاسته آن اشاره کرد (Fabriai and Lintes, 1988).

وزن حجمی، یکی از معیارهای ساده و موثر جهت ارزیابی کیفیت دانه غلات است که معمولاً برحسب کیلوگرم در هکتولتر بیان شده و در آزمایشات اولیه درجه‌بندی گندم به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، هر چه مقدار آن بالاتر باشد، آرد بیشتری از دانه آن گندم بدست آمده و ارزش بالاتری خواهد داشت. اندازه و یکنواختی شکل دانه بر وزن هکتولتر موثر بوده و بین این دو صفت رابطه خطی مثبت وجود دارد (Hously et al., 1981)، وزن حجمی دانه‌های چروکیده ممکن است به کمتر از ۳۸ کیلوگرم در هکتولتر برسد، درحالی‌که، وزن حجمی گندم‌های با دانه پر به ۸۵ کیلوگرم در هکتولتر نیز می‌رسد (Fabriai and Lintes, 1988). وزن حجمی معمولاً به‌طور غیرمستقیم تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر باران‌های سنگین آخر فصل، آفات و عوامل زراعی نظیر تراکم کاشت قرار می‌گیرد. رید و واردر (Read and Warder, 1982) و وارگا و همکاران (Varga et al.,

2001) طی مطالعات جداگانه‌ای نشان دادند که با افزایش تراکم کاشت بر مقدار وزن هکتولتر افزوده می‌شود. محتوای پروتئین دانه مهمترین خصوصیت کیفی دانه است که کیفیت پخت را تحت تاثیر قرار داده و به عوامل ژنتیکی (رقم) و عوامل محیطی موثر در رشد و نمو مانند دما، میزان رطوبت خاک، تراکم و مدت زمان رسیدن دانه بستگی دارد (Koc et al., 2000). اتمان (Ottman, 2000)، اقتدار و همکاران (Iqtedar et al., 2010) و رضایی و منزوی (Rezaii and Monzavi, 2000) در آزمایشات جداگانه‌ای همبستگی منفی بین محتوای پروتئین دانه و عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه و شاخص برداشت نیتروژن را گزارش کرده‌اند. به‌طور کلی افزایش عملکرد پروتئین دانه از طریق افزایش عملکرد دانه و یا درصد پروتئین دانه میسر می‌گردد ولی با وجود همبستگی منفی بین دو صفت مذکور، امکان افزایش عملکرد پروتئین دانه از طریق افزایش هر دو صفت مورد تردید است (Rezaii and Monzavi, 2000).

آزمون حجم رسوب سدیم دودسیل سولفات (Sodium Dodesyl Sulphate) (SDS) به‌عنوان نشانگر جهت تعیین استحکام گلوتن (هر چه حجم رسوب بیشتر باشد، استحکام گلوتن بیشتر است) در مراحل اولیه برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fabriai and Kovacs et al., 1994; Lintes, 1988)، البته عدم وجود همبستگی حجم رسوب SDS و محتوای پروتئین دانه توسط اوسترن و همکاران گزارش شده (Austran et al., 1986) و در صورت وجود همبستگی نیز مقدار آن کم (۴۴ درصد) می‌باشد (Hanft and Wych, 1982).

گلوتن موجب مقاومت خمیر در هنگام کشش، فرم‌پذیری و حالت الاستیسیته آن می‌شود که نهایتاً به خمیر فرم و شکل خاص می‌دهد (Fabriai and Lintes, 1988). گلوتن خشک که با حذف آب از گلوتن مرطوب به دست می‌آید، مقایسه‌ای با ثبات‌تراز نظر مقدار گلوتن را در میان نمونه‌ها فراهم می‌کند (Fabriai and Lintes, 1988). بر این اساس کوواکس و همکاران (Kovacs et al., 1994)، ۵۹ درصد همبستگی بین محتوای گلوتن مرطوب و پروتئین را درحالی‌که همبستگی بین گلوتن مرطوب و خشک ۹۵ درصد بود، را گزارش کردند.

هدف از این آزمایش، بررسی خصوصیات کیفی سه ژنوتیپ گندم دوروم تحت تراکم‌های مختلف کاشت بود.

بذرهای مربوط به هر کرت درشیارهای ایجاد شده به صورت دستی قرار داده و روی آنها با ۳ سانتی متر خاک پوشانده شد. کشت در تاریخ ۲۱ و ۲۲ آبان ماه ۱۳۷۹ انجام گرفت و در ۲۳ آبان ماه اولین آبیاری اعمال شد. آبیاری‌های بعدی پس از استقرار گیاهچه‌ها، براساس ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ در مرحله ساقه‌دهی، با محلول یک در هزار توفوردی سمپاشی به عمل آمد.

یادداشت‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌های لازم در دو طول نیم‌متری (با رعایت حاشیه) معین در دو ردیف کاشت انجام گرفت. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، مساحت ۵ مترمربع باقیمانده هر کرت با رعایت حاشیه برداشت و پس از خرم‌نکوبی و بوجاری عملکرد نهایی دانه بر اساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد (Gooding and Davies, 1997). خصوصیات کیفی دانه نیز در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت:

- محتوای پروتئین دانه: درصد نیتروژن دانه با استفاده از روش AACC به شماره ۱۲-۴۶ اندازه‌گیری شد (American Association of Cereal Chemists, 1983). این آزمون بوسیله دستگاه اتوماتیک کدال، مدل آنالیز ۱۰۳۰ سوندی، در گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی صورت گرفت. پس از تعیین مقدار نیتروژن خالص نمونه مورد آزمایش، مقدار پروتئین آرد با در نظر گرفتن ضریب پروتئین ۵/۷ (Ottman, 2000) محاسبه شد.

- گلوتن مرطوب و خشک: آزمون گلوتن مرطوب با روش AACC به شماره ۱۰-۳۸ انجام شد (American Association of Cereal Chemists, 1983). در این روش ۲۵ گرم آرد و حدود ۱۵ میلی‌متر آب را مخلوط نموده تا خمیر سفتی به دست آید که پس از حدود ۱۲ دقیقه شستشو، گلوله‌ای از خمیر با خاصیت الاستیک و کشسانی باقی ماند. رطوبت سطحی گلوله به وسیله پارچه نرمی گرفته شد و پس از توزین، وزن حاصله به عنوان گلوتن مرطوب یادداشت گردید. نمونه بدست آمده در داخل آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشکانده شد تا گلوتن عاری از رطوبت پس از توزین به عنوان وزن گلوتن خشک ثبت گردد.

ژنوتیپ‌های مورد استفاده در ارزیابی‌های مقدماتی مجموعه لاین‌های گندم دوروم از ویژگی‌های زراعی و کیفی مطلوبی برخوردار بوده‌اند.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲° ۳۲' شمالی و طول جغرافیایی ۵۱° ۲۳' شرقی) انجام شد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر، میانگین بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب ۱۴۰ میلی‌لیتر و ۱۴/۵ درجه سلسیوس می‌باشد. بافت خاک مزرعه لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب و میانگین اسیدیته آن ۷/۵ است. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. ژنوتیپ‌های Osta/Gata، Dipper-6 و PI40100 که در ارزیابی‌های مقدماتی مجموعه لاین‌های گندم دوروم دارای خصوصیات زراعی و کیفی مطلوبی، همچون مقاوت به شوری و خشکی و عملکرد مناسب شناخته شده بودند، به دلیل تفاوت‌های زیاد مورفولوژیکی و خصوصیات رشدی، بویژه ارتفاع و برای جلوگیری از سایه‌اندازی، به عنوان تیمار اصلی در نظر گرفته شدند. تیمار فرعی نیز پنج تراکم کاشت ۲۰۰، ۲۷۵، ۳۵۰، ۴۲۵ و ۵۰۰ بذر در مترمربع را در برگرفت، البته با توجه به محدودیت‌های آزمایشگاهی، فقط کیفیت دانه واحدهای آزمایشی مربوط به تراکم‌های ۲۰۰، ۳۵۰ و ۵۰۰ بذر در متر مربع مورد ارزیابی قرار گرفت (از اندازه‌گیری خصوصیات کیفی سایر سطوح تراکم صرف نظر شد) و تجزیه، تحلیل آنها نیز بر اساس این سطوح تراکم انجام شد.

روش کاشت به صورت کرتی بود و هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به فواصل ۲۵ سانتی‌متر و طول ۶ در نظر گرفته شد. محل اجرای آزمایش، طی سال قبل از کشت در آیش بود. پس از انجام آزمایشات خاک، حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت نیمی پایه (قبل از کاشت) و نیمی سرک (در مرحله ساقه‌دهی تا اوایل سنبله‌دهی) به خاک اضافه شد. از آنجا که مقدار فسفر و پتاسیم خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب ۲۵ و ۲۶۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود از کودهای فسفر و پتاس استفاده نشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد دانه و صفات کیفی سه ژنوتیپ گندم دوروم در پنج تراکم کاشت.
Tabele 1. Analysis of variance for yield and quality attributes of three durum wheat genotypes under five seeding rates.

Sources of variation	منابع تغییر	درجه آزادی # df	میانگین مربعات (MS)				میانگین مربعات (MS)			
			عملکرد دانه Grain yield	وزن هکتولتر Test weight	درجه آزادی df	محتوای پروتئین Grain protein content	عملکرد پروتئین دانه Grain protein yield	حجم رسوب SDS SDS sedimentation volume	گلوتن مرطوب Wet gluten	گلوتن خشک Dry gluten
Block	بلوک	3	903023.1 ^{ns}	2.6 ^{ns}	3	2.1 ^{ns}	5778.1 ^{ns}	23.7 ^{ns}	127.8 ^{ns}	16.2 ^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	2	16689438.8 ^{**}	97.8 ^{**}	2	11.6 [*]	56508.2 ^{**}	5.1 ^{ns}	727.7 ^{**}	90.5 ^{**}
Error (a)	خطای (الف)	6	261521.0 ^{ns}	4.1 ^{ns}	6	1.7 ^{ns}	1158.0 ^{ns}	33.8 ^{ns}	19.2 ^{ns}	4.2 ^{ns}
Seeding rate	تراکم	4	1018622.1 ^{**}	4.9 [*]	2	5.7 ^{**}	9544.7 ^{**}	38.7 ^{ns}	270.3 [*]	37.6 ^{ns}
G×S	ژنوتیپ × تراکم	8	146196.0 ^{ns}	2.5 ^{ns}	4	0.3 ^{ns}	179.4 ^{ns}	20.3 ^{ns}	63.0 ^{ns}	18.0 ^{ns}
Error (b)	خطای (ب)	36	167888.8 ^{ns}	1.8 ^{ns}	18	0.9 ^{ns}	616.0 ^{ns}	18.5 ^{ns}	18.7 ^{ns}	3.9 ^{ns}

ns, *, ** : به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

برای صفات کیفی تنها سه تراکم در تجزیه و تحلیل وارد شدند و به این دلیل، درجات آزادی متفاوت هستند.

ns, *, ** and #: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Only three seeding rates were used for quality attributes, so df is different.

به نظر می‌رسد دلیل عمده تفاوت عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف، تعداد سنبله در مترمربع (۲۵۵ سنبله در تراکم اول و ۳۶۰ سنبله در تراکم چهارم) باشد، چرا که با افزایش تراکم بوته جزء اخیر به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده و بیشترین تغییرات را نسبت به دو جزء دیگر عملکرد به خود گرفته است (Zarrinabadi and Ehsanzadeh, 2004). تعداد دانه بیشتر (۳۸ دانه در سنبله) و همین‌طور وزن هزاردانه بالاتر (۳۲ گرم) در تراکم‌های کم بوته، نتوانست کاهش عملکرد ناشی از تعداد سنبله کمتر در واحد سطح را جبران کند (Zarrinabadi and Ehsanzadeh, 2004). بلو و همکاران (Blue *et al.*, 1990) نشان دادند که افزایش تراکم کاشت، از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح باعث افزایش عملکرد دانه گردید. بیکر (Baker, 1982) نیز گزارش کرد که در تراکم‌های بسیار بالا، افزایش عملکرد دانه به صورت خطی نبوده و عملکرد دانه در این شرایط به صورت غیر خطی افزایش پیدا می‌کند.

۲- وزن حجمی

تفاوت معنی‌داری ($P < 0.01$) بین وزن هکتولتر ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شد (جدول ۱). ژنوتیپ‌های Osta/Gata و Dipper-6 هر دو وزنی در حدود ۸۳ کیلوگرم در هکتولتر داشتند درحالی‌که وزن هکتولتر ژنوتیپ PI40100 حدود ۷۹/۵ کیلوگرم بود (جدول ۲). ژنوتیپ PI40100، علیرغم داشتن وزن هزار دانه بالا که تقریباً برابر وزن هزاردانه ژنوتیپ Dipper-6 است دانه‌های نسبتاً چروکیده‌ای تولید کرد. به‌طور کلی دانه‌هایی که چروکیده باشند، نسبت سبوس به آندوسپرم آنها بالاتر است، بنابراین از نظر وزنی سبک‌تر (Gooding and Davies, 1997) و وزن حجمی آنها کمتر است. ولی ژنوتیپ Dipper-6، دانه‌های کاملاً پر و بدون چروکیدگی تولید کرده که در نهایت وزن هکتولتر بالاتری را نشان داد. رید و واردر (Read and Warder, 1982) و وارگا و همکاران (Varga *et al.*, 2001) نیز نشان دادند که وزن هکتولتر در واریته‌های مختلف کاملاً متفاوت بوده و واریته‌هایی که دانه‌های چروکیده تولید کرده‌اند از وزن هکتولتر کمتری برخوردار بودند.

- وزن حجمی: بذره‌های هر واحد آزمایشی در داخل استوانه مدرج یک لیتری ریخته و پس از توزین، وزن آنها بر حسب کیلوگرم در هکتولتر یادداشت شد.

- حجم رسوب SDS: این صفت به روش پرستون و همکاران با استفاده از محلول نشانگر بروموفنل بلو، محلول اسید لاکتیک و ۳۰ گرم سدیم دودسیل سولفات (SDS) اندازه‌گیری شد (Axford and Redmon, 1979).

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار کامپیوتری (SAS) استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارهای آزمایشی نیز، جهت مقایسه میانگین‌ها، آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مورد استفاده قرار گرفت. همبستگی ساده بین صفات نیز به وسیله نرم‌افزار SAS محاسبه شد.

نتایج و بحث

۱- عملکرد دانه

نتایج، تفاوت معنی‌داری ($P < 0.01$) را بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر عملکرد دانه نشان می‌دهد (جدول ۱). ژنوتیپ Osta/Gata با ۴۴۲۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را نسبت به ژنوتیپ‌های PI40100 و Dipper-6 تولید کرد (جدول ۲). طبق آزمایش انجام شده توسط زرین‌آبادی و احسان‌زاده (Zarrinabadi and Ehsanzadeh, 2004) تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله دو ژنوتیپ Osta/Gata و Dipper-6 تقریباً برابر است (حدود ۳۳۵ سنبله در مترمربع و ۳۷ دانه در سنبله) و برتری ۱۱ درصدی عملکرد ژنوتیپ Osta/Gata به ژنوتیپ Dipper-6 مربوط به وزن هزاردانه بالاتر (به ترتیب ۴۱ و ۳۵ گرم) می‌باشد. ژنوتیپ PI40100 علیرغم تولید شاخص سطح برگ بالا (۳/۹) نتوانست عملکرد دانه بالایی تولید کند که عمدتاً مربوط به الگوی نامناسب تخصیص مواد فتوسنتزی در این ژنوتیپ باشد. وارگا و همکاران (Varga *et al.*, 2001) نیز نشان دادند که بین واریته‌های مختلف از نظر تولید عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. افزایش تراکم در سطح احتمال یک درصد، افزایش عملکرد دانه را در پی داشت (جدول ۲). تراکم اول با حدود ۳۳۳۵ کیلوگرم در هکتار، کمترین و تراکم چهارم با حدود ۳۹۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بود (جدول ۲). البته تفاوت عملکرد دانه در تراکم‌های چهارم و پنجم از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ۲ - مقایسه میانگین سه ژنوتیپ گندم دوروم از نظر عملکرد دانه و صفات کیفی در پنج تراکم کاشت.

Table 2. Mean comparisons of three durum wheat genotypes for yield and quality attributes under five seeding rates.

تیمار Treatment	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هکتولتر Test weight (kg)	محتوای پروتئین Grain protein content (%)	عملکرد پروتئین دانه Grain protein yield (kg ha ⁻¹)	حجم رسوب SDS sedimentation volume (ml)	گلوتن مرطوب Wet gluten (g)	گلوتن خشک Dry gluten (g)
ژنوتیپ Genotype							
Osta/Gata	4422.1 ^a	83.6 ^a	15.7 ^b	278.7 ^a	35.7 ^a	30.2 ^c	12.1 ^b
PI40100	2657 ^c	79.5 ^b	17.1 ^a	153.8 ^b	36.9 ^a	45.3 ^a	17.4 ^a
Dipper-6	3949 ^b	83.1 ^a	15.2 ^b	265.5 ^a	36 ^a	34.6 ^b	13.8 ^b
LSD(0.05)	395.7	1.6	1.3	34	5.8	3.2	2
تراکم (بذر درمتر مربع) Seeding rate							
200	3334.8 ^c	81.6 ^b	16.8 ^a	202.8 ^c	37.8 ^a	42.1 ^a	16.4 ^a
275	3633.5 ^{bc}	81.9 ^{ab}	-	-	-	-	-
350	3689.8 ^{ab}	82.5 ^a	15.9 ^b	236.3 ^b	36.5 ^a	35 ^b	13.8 ^{ab}
425	3987.8 ^{ab}	82.4 ^a	-	-	-	-	-
500	3934.7 ^a	82.6 ^a	15.4 ^b	258.9 ^a	34.3 ^a	33 ^b	13.1 ^b
LSD(0.05)	339.3	1.1	0.8	21.3	3.7	5.8	2.9

تیمارهای دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.
Treatments with the same letters are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

درصد و در آزمایش کوک و همکاران (Koc et al., 2000) از ۱۱/۷ تا ۱۳/۳ درصد متفاوت بوده است.

محتوای پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد، تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۱) و با افزایش تراکم مقدار آن کاهش یافت (جدول ۲). تراکم اول با ۱۶/۸ درصد بیشترین و تراکم‌های سوم و پنجم به ترتیب با ۱۵/۹ و ۱۵/۴ درصد پروتئین در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند، ولی تفاوت دو تراکم اخیر از نظر آماری معنی‌دار نبود. با توجه به وجود همبستگی منفی بین عملکرد دانه و پروتئین دانه (Rezaii and Monzavi, 2000)، با افزایش تراکم، بر عملکرد دانه افزوده می‌شود که به این ترتیب، کاهش در پروتئین دانه قابل توجیه است. این احتمال نیز وجود دارد که در تراکم‌های پایین به دلیل دسترسی بهتر به نیتروژن موجود در خاک، پروتئین بیشتری در دانه تجمع پیدا کند. گلنا و همکاران (Geleta et al., 2002) نیز نشان دادند که با افزایش تراکم از پروتئین دانه کاسته می‌شود.

اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم کاشت بر محتوای پروتئین دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲) که نشان دهنده هم‌روند بودن کاهش محتوای پروتئین دانه کلیه ژنوتیپ‌ها با افزایش تراکم کاشت بود. یافته‌های اخیر آزمایش حاضر با نتایج مطالعات اتمن (Ottman, 2000) و کوشناک و همکاران (Koshnak et al., 1999) مطابقت دارد.

درصد پروتئین با عملکرد دانه ($r = -0.63^{**}$)، و وزن هکتولتر ($r = -0.65^{**}$)، همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). از آنجاییکه با افزایش عملکرد دانه، وزن هکتولتر افزایش پیدا کرده و از طرفی دیگر با افزایش عملکرد دانه، درصد پروتئین دانه کاهش یافته است، بنابراین همبستگی منفی بین وزن هکتولتر و محتوای پروتئین دانه منطقی بنظر می‌رسد. رضائی و منزوی (Rezaii and Monzavi, 2000) به همبستگی منفی بین عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه اشاره کرده‌اند. گلنا و همکاران (Geleta et al., 2002) نیز همبستگی منفی بین درصد پروتئین و وزن هکتولتر را گزارش کرده‌اند.

۴- عملکرد پروتئین دانه

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد پروتئین دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۱). ژنوتیپ‌های Osta/Gata و Dipper-6 به ترتیب با میانگین ۲۷۸/۷ و ۲۶۵/۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد پروتئین دانه را دارا

بین تراکم‌های مختلف کاشت، تفاوت معنی‌داری از نظر وزن هکتولتر وجود داشت (جدول ۱). با افزایش تراکم بر وزن هکتولتر افزوده شد، به طوری‌که تراکم اول با وزن هکتولتر برابر با ۸۱/۶ کیلوگرم کمترین و تراکم پنجم با ۸۲/۶ کیلوگرم، بیشترین وزن هکتولتر را داشتند (جدول ۲). رید و واردر (Read and Warder, 1982) نشان دادند که با افزایش تراکم از ۲۰ به ۶۰ کیلوگرم در هکتار، حدود ۴/۵ کیلوگرم به وزن هکتولتر دانه گندم دوروم افزوده می‌شود. وارگا و همکاران (Varga et al., 2001)، نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند.

برهمکنش ژنوتیپ و تراکم، تأثیری بر وزن هکتولتر نداشت (جدول ۱)، وارگا و همکاران (Varga et al., 2001) نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش کرده‌اند.

وزن هکتولتر با عملکرد دانه ($r = 0.83^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳)، ژنوتیپ PI40100 با تولید دانه‌های کوچک‌تر و چروکیده، عملکرد پایین‌تری را نسبت به دو ژنوتیپ دیگر که دانه‌های درشت‌تر و عملکردهای بالاتری تولید کردند، با توجه به تأثیر اندازه و یکنواختی شکل دانه بر وزن هکتولتر (Hously et al., 1981) همبستگی مثبت بین وزن هکتولتر و عملکرد منطقی بنظر می‌رسد. روث و همکاران (Roth et al., 1984) نیز به همبستگی مثبت بین وزن هکتولتر و عملکرد دانه اشاره کرده‌اند.

۳- محتوای پروتئین دانه

بین ژنوتیپ‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری در محتوای پروتئین مشاهده شد (جدول ۱). ژنوتیپ PI40100 با ۱۷/۱ درصد پروتئین، بیشترین و پس از آن ژنوتیپ Osta/Gata با ۱۵/۷ درصد و ژنوتیپ Dipper-6 با ۱۵/۲ درصد، پروتئین کمتری را تولید کردند (جدول ۲). ژنوتیپ PI40100، به دلیل رشد رویشی زیاد (ارتفاع ۱۳۱ سانتی‌متر و شاخص سطح برگ ۳/۹) (Zarinabadi and Ehsanzadeh, 2004)، عملکرد پایین و دانه‌های چروکیده‌ای تولید کرد، که پروتئین نسبتاً بالایی در آنها ذخیره شد. سیوس دانه گندم که حدود ۱۴ درصد وزن دانه را شامل می‌شود دارای ۱۹ درصد پروتئین است. بنابراین دانه‌های چروکیده که نسبت سیوس به آندوسپرم بالاتری دارند درصد بیشتری پروتئین در دانه آنها تجمع پیدا می‌کند (Fabriai and Lintes, 1988). در آزمایش اتمن (Ottman, 2000) پروتئین ژنوتیپ‌ها از ۱۱/۵ تا ۱۳/۶

بودند و ژنوتیپ PI40100 با وجود درصد بالای پروتئین دانه، به دلیل عملکرد پایین کمترین عملکرد پروتئین دانه (۱۵۳/۸ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد. البته ژنوتیپ‌های Osta/Gata و Dipper-6 بواسطه عملکرد بالای دانه، این عملکرد پروتئین در آنها مشاهده شد. رضایی و منزوی (Rezaii and Monzavi, 2000) گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌های مختلف مورد آزمایش ایشان تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اقتدار و همکاران (Ightedar *et al.*, 2010) نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند.

افزایش تراکم در سطح احتمال یک درصد باعث افزایش عملکرد پروتئین دانه در هکتار شد (جدول ۱)، به طوری که تراکم ۵۰۰ بذر در متر مربع با ۲۵۸/۹ کیلوگرم در هکتار و تراکم ۲۰۰ بذر در مترمربع با ۲۰۲/۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین دانه را دارا بودند (جدول ۲). از آنجا که عملکرد دانه همبستگی مثبت بالایی ($r = 0.97^{**}$) با عملکرد پروتئین دانه نشان داده، بنابراین افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین دانه با افزایش تراکم کاملاً منطقی است. عبارتی دیگر، افزایش عملکرد پروتئین دانه معلول افزایش عملکرد دانه است. کوشناک و همکاران (Koshnak *et al.*, 1999) نیز نشان دادند که با افزایش تراکم کاشت بر میزان عملکرد پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری افزوده می‌شود. عملکرد پروتئین دانه با محتوای پروتئین دانه همبستگی منفی بالایی را نشان داد ($r = -0.8^{**}$) که این به واسطه همبستگی منفی بالا بین عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه ($r = -0.63^{**}$) است که قبلاً دلایل این همبستگی منفی توضیح داده شد. اقتدار و همکاران (Ightedar *et al.*, 2010) همبستگی منفی پروتئین دانه با عملکرد دانه ($r = -0.77^{**}$) و عملکرد پروتئین دانه ($r = -0.55^{**}$) و همچنین همبستگی مثبت عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه ($r = 0.95^{**}$) را گزارش کرده‌اند.

۵- حجم رسوب SDS

تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر حجم رسوب SDS مشاهده نشد (جدول ۱)، با این حال ژنوتیپ PI40100 با ۳۶/۹ میلی‌لیتر بیشترین و ژنوتیپ Dipper-6 با ۳۶ میلی‌لیتر و ژنوتیپ Osta/Gata با ۳۵/۷ میلی‌لیتر، مقادیر کمتر حجم رسوب SDS را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). معمولاً حجم رسوب SDS و پروتئین با هم رابطه نزدیکی دارند (Kovacs *et al.*,

۱۹۹۵) و ژنوتیپی که پروتئین بالاتری داشته باشد، احتمالاً حجم رسوب آن نیز بیشتر خواهد بود. به همین دلیل ژنوتیپ PI40100 نیز با داشتن پروتئین بالا، حجم رسوب SDS آن نیز نسبت به دو ژنوتیپ دیگر بیشتر است. حجم رسوب SDS، تحت تأثیر تراکم کاشت نیز قرار نگرفت (جدول ۱). با این وجود بیشترین حجم رسوب SDS در تراکم اول (۳۷/۸ میلی‌لیتر) و کمترین آن در تراکم پنجم (۳۴/۳ میلی‌لیتر) به دست آمد (جدول ۲).

نتایج حاصل از همبستگی‌های جزء نشان داد که حجم رسوب SDS با هیچ یک از صفات همبستگی معنی‌داری ندارد (جدول ۳)، اوسترن و همکاران نیز این عدم همبستگی را گزارش کرده‌اند (Austran *et al.*, 1986).

۶- وزن گلوتن مرطوب و گلوتن خشک

از نظر وزن گلوتن مرطوب و گلوتن خشک تفاوت معنی‌داری ($P < 0.01$) بین ژنوتیپ‌های مختلف مشاهده شد (جدول ۱). ژنوتیپ PI40100 به ترتیب با ۴۵/۳ و ۱۷/۴ بیشترین و ژنوتیپ Osta/Gata با ۳۰/۲ و ۱۲/۱ کمترین مقدار گلوتن مرطوب و خشک را دارا بودند (جدول ۲). تجمع گلوتن در دانه گیاه به نوع ژنوتیپ آن بستگی دارد. از آنجا که محتوای پروتئین و میزان گلوتن با هم رابطه نزدیکی دارند (Panzzo *et al.*, 2001)، بنابراین مقدار بالای گلوتن در ژنوتیپ PI40100 با وجود درصد بالای پروتئین، منطقی بنظر می‌رسد. پانزو و همکاران (Panzzo *et al.*, 2001)، نیز طی مطالعات خود، تفاوت معنی‌دار ارقام در مقدار گلوتن را گزارش کرده‌اند.

گلوتن مرطوب در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت، درحالی‌که تراکم بر وزن گلوتن خشک تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). با افزایش تراکم، طی روندی مشابه محتوای پروتئین، از مقدار گلوتن مرطوب و خشک کاسته شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان گلوتن در تراکم اول و کمترین آن در تراکم پنجم مشاهده شد (جدول ۲). از آنجایی‌که، مقدار گلوتن رابطه بسیار نزدیکی با محتوای پروتئین دارد (Panzzo *et al.*, 2001)، بنابراین می‌توان تغییرات وزن گلوتن را به تغییرات محتوای پروتئین ربط داد. اثر متقابل ژنوتیپ و تراکم کاشت بر وزن گلوتن مرطوب و خشک بی‌تأثیر بود (جدول ۱).

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات کیفی سه ژنوتیپ گندم دوروم در پنج تراکم کاشت

Table 3. Correlation coefficients between quality attributes of three durum wheat genotypes under five seeding rates

Studied traits	صفات مورد مطالعه	1	2	3	4	5	6	7
1. Grain yield	۱- عملکرد دانه	1						
2. Test weight	۲- وزن هکتولتر	0.83**	1					
3. Grain protein content	۳- محتوای پروتئین دانه	-0.63**	-0.65**	1				
4. Grain protein yield	۴- عملکرد پروتئین دانه	0.97**	0.79**	-0.8**	1			
5. SDS sedimentation volume	۵- حجم رسوب SDS	-0.15 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	0.3 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	1		
6. Wet gluten	۶- گلوتن مرطوب	-0.75**	-0.46**	0.28 ^{ns}	-0.72**	0.04 ^{ns}	1	
7. Dry gluten	۷- گلوتن خشک	-0.65**	-0.39**	0.22 ^{ns}	-0.63**	0.06 ^{ns}	0.95**	1

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}، * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

بود. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده، اگر چه ژنوتیپ PI40100 خصوصیات کیفی مطلوب‌تری را دارا بود، ولی چون عملکرد آن نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها بسیار پایین بود، به این ترتیب ژنوتیپ Osta/Gata که از عملکرد دانه بالاتر و در عین حال خصوصیات کیفی نسبتاً مطلوبی برخوردار بود، جهت آزمایشات تکمیلی پیشنهاد می‌شود. علاوه بر آن، چون در تراکم چهارم (۴۲۵ بذر در متر مربع) بیشترین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به دست آمد، از این‌رو آزمایش‌های بعدی باید حول تراکم یاد شده در شرایط آب و هوایی منطقه متمرکز شوند.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این تحقیق توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تامین شده است.

وزن گلوتن مرطوب و گلوتن خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.95^{**}$) را با هم نشان دادند. پروتئین با گلوتن مرطوب ($r=0.47^{**}$) و با گلوتن خشک ($r=0.36^{*}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد، که این نتایج با نتایج مطالعات کوواکس و همکاران (Kovacs *et al.*, 1994) کاملاً مطابقت دارد. گلوتن مرطوب و خشک با عملکرد دانه و وزن هکتولتر همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳) که با توجه به رابطه‌ای که محتوای پروتئین با این صفات دارد، همبستگی اخیر منطقی به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اثر متقابل بین ژنوتیپ و تراکم بوته بر هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود، اما اثر ژنوتیپ و نیز اثر تراکم معنی‌دار

References

- American Association of Cereal Chemists (AACC). 1983. Compiled and published by the approved methods committee. USA.
- Austran, J. C., Abecassis, J. and Feillet, P. 1986. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheat. *Cereal Chemistry* 63: 390 - 394.
- Axford, D. W. E., McDermott, E. E. and Redmon, D. E. 1979. Note on the sodium dodecyl sulfate test of bread making quality: Comparison with pelshenke and zeleny tests. *Cereal Chemistry* 62: 545 - 553.

- Baker, R. J., 1982.** Effect of seeding rate on grain yield, straw yield and harvest index of eight spring wheat cultivars. **Canadian Journal of Plant Science** 62:285-291.
- Blue, E. N., Mason, S. C. and Sander, D. H., 1990.** Influence of planting date, seeding rate, and phosphorus rate on wheat yield. **Agronomy Journal** 82:762-768.
- Fabrizi, G. and Lintes, C., 1988.** Durum Wheat: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. 332 p.
- Geleta, B., M. A., Baenziger, P. S., Nelson, L. A., Baltenesperger, D. D., Eskridge, K. M., Shipman, M. J. and Shelton, D. R. 2002.** Seeding rate and genotype effect on agronomic performance and end-use quality of winter wheat. **Crop Science** 42:827-832.
- Gooding, M. J. and Davies, V. P. 1997.** Wheat production and utilization, systems, quality and the environment. CAB International. 344 p.
- Hanft, J. M. and Wych, R. D. 1982.** Visual indicators of physiological maturity of hard red spring wheat. **Crop Science** 29: 631- 635.
- Hously, T. L., Kirleis, A. W., Ohm, H. W. and Patternson, F. L. 1981.** An evaluation of seed growth in soft red winter wheat. **Canadian Journal of Plant Science** 61: 525- 535.
- Iqtedar, H., Khan, M. A. and Khan, H., 2010.** Effect of seed raates on the agro-physiological traits of wheat. **Sarhad Journal of Agriculture** 26 (2): 169 - 176.
- Koc, M., Barutcular, C. and Zencirci, N. 2000.** Grain protein and grain yield of durum wheats from South-Eastern Anatolia, Turkey. **Australian Journal of Agricultural Research** 51: 665 - 671.
- Koshnak, G. Jakson, G., Thaut, R. and Miller, J. 1999.** Effect of seeding rate and nitrogen on yield and quality of spring wheat and durum. <http://www.sarc.montana.edu/mwbc/documents/mwbc/2000/swdu00.pdf>.
- Kovacs, M. I. P., Dahlke, G. and Noll, J. S. 1994.** Gluten viscoelasticity its usefulness in the Canadian durum wheat breeding program. **Journal of Cereal Science** 19: 251 - 257.
- Kovacs, M. I. P., Howes, N. K., Leisle, D. and Zawistowski, J. 1995.** Effect of two different low molucular weight glutenin subunits on durum wheat pasta quality parameters. **Cereal Chemistry** 72: 85 - 87.
- Ottman, M. J. 2000.** Seeding rate effects on durum grain protein concentration. <http://ag.Arizona.edu/Pubs/Crops/az1185a.pdf>.
- Panzzo, J. F., Eagles, H. A. and Wootton, M. 2001.** Change in protein composition during grain development in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research** 52: 485 - 493.
- Read, D. W. L. and Warder, F. G. 1982.** Wheat and barley responses to rates of seeding and fertilizer in South-Western Saskatchewan. **Agronomy Journal** 74: 33-36.
- Rezaii, A. and Monzavi, K. R. B. 2000.** Phenotypic correlations of seed protein percentage with some another attributes in winter wheat (*Triticum astivum* L.). Documents and Statistics Center of Central Library of Isfahan University Of Technology. (In Persian).
- Roth, G. W., Marshall, H. G., Hatley, O. E. and Hill, R. R. 1984.** Effect of management practices on grain yield, test weight, and lodging of soft red winter wheat. **Agronomy Journal** 76: 379 - 382.
- Varga, B., Svecnjak, I. and Pospisil, A. 2001.** Winter wheat cultivar performance as affected by production systems in Croatia. **Agronomy Journal** 93: 961 - 966.
- Zarrinabadi, A. and Ehsanzadeh, P. 2004.** Growth, grain yield and components of three durum wheat genotypes with different plant densities in Isfahan. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 7 (4): 129-141. (In Persian).

Evaluating quality attributes of three durum wheat genotypes under different plant densities in Isfahan

Iman Ghodyeh Zarinabadi¹ and Parviz Ehsanzadeh^{2*}

1 and 2. Former Graduate Student and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

(Received: February 10, 2014- Accepted: June 16, 2014)

Abstract

To evaluate quality attributes of three durum wheat genotypes, Osta/Gata, Dipper-6 and PI40100, under five seed densities, 200, 275, 350, 425 and 500 seed.m⁻², a split plots experiment in randomized complete block design with four replications was carried out in research farm of Isfahan University of Technology. Genotypes were considered in main-plots and seed densities in sub-plots. Results indicated that the genotypes had significant differences for grain yield and quality attributes except for SDS sedimentation volume. Osta/Gata and PI40100 genotypes had the highest and lowest grain yield, protein yield and test weight, respectively, but the highest values of protein content and wet and dry gluten were observed in PI40100 and the lowest values in Osta/Gata and Dipper-6 genotypes. Results of correlation coefficients showed that there were the positive significant correlations among the grain yield, protein yield and test weight, while the negative significant correlations were observed between the grain yield, protein yield and test weight with grain protein content and dry gluten weight. Results from this study indicated that increasing plant density increases the grain yield, protein yield and hectoliter weight and decreases grain protein content and wet and dry gluten weight.

Keywords: Durum wheat, Grain protein, Grain yield, Plant densities, Wet and dry gluten

*Corresponding author: ehsanzadehp@gmail.com