



بررسی رابطه منبع-مخزن در گندم از طریق مقایسه وزن و تعداد دانه در ارقام قدیم و جدید

مهدی جودی^{۱*} و شهرام مهری^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۷

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۱۹

چکیده

رشد و پر شدن دانه در گندم توسط مقدار عرضه مواد فتوسنتزی (قدرت منبع)، توانایی جذب مواد فتوسنتزی (قدرت مخزن) و تعادل بین قدرت منبع - مخزن کنترل می‌شود. هدف تحقیق حاضر بررسی رابطه منبع یا مخزن در گندم از طریق مطالعه روند تغییرات وزن دانه و تعداد دانه در طی سال‌های اصلاح گندم بود. پژوهش حاضر در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان- دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. تعداد ۸۱ رقم گندم در شرایط آبی و در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. تفاوت معنی‌داری میان ارقام گندم از نظر صفات زراعی و فیزیولوژیک مشاهده شد. عموماً ارقام جدید گندم در مقایسه با انواع قدیمی آن دارای عملکرد دانه بالا بودند. این روند در مورد شاخص برداشت و تعداد دانه در متر مربع نیز دیده شد اما تفاوت معنی‌داری بین ارقام قدیمی و جدید گندم از نظر عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه وجود نداشت. وزن سنبله در زمان گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک و همچنین مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله در فاصله زمانی گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک در طی روند اصلاحی گندم افزایش یافته و مقدار آنها در گندم‌های جدید بیشتر از قدیمی بود. افزایش تعداد دانه در گندم‌های جدید و نبود تغییر معنی‌دار در وزن هزار دانه در گذر از سال‌های قدیمی به جدید پیشنهاد می‌کند که احتمالاً عملکرد دانه ارقام مورد آزمایش بیشتر توسط قدرت مخزن کنترل می‌شود. بنابراین، در شرایط آزمایش حاضر افزایش تعداد دانه در بوته یا در متر مربع احتمالاً با افزایش عملکرد دانه همراه خواهد بود.

واژگان کلیدی: ارقام جدید و قدیم، تعداد دانه، گندم، محدودیت مخزن، وزن هزار دانه.

۱- دانشیار دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. (* نگارنده‌ی مسئول) mehdijoudi@gmail.com

۲- گروه کشاورزی، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آباد مغان، ایران.

مقدمه

گندم به‌عنوان مهم‌ترین منبع تامین کننده غذا در بیشتر کشورها محسوب می‌شود. سطح زیر کشت این گیاه در کل دنیا ۲۱۹ میلیون هکتار و مقدار تولید آن ۷۱۶ میلیون تن دانه گزارش شده است (Anonymous, 2013).

رشد و پر شدن دانه در گندم توسط قدرت منبع، قدرت مخزن و تعادل بین قدرت منبع - مخزن کنترل می‌شود (Foulkes *et al.*, 2011). قدرت منبع به توانایی عرضه مواد فتوسنتزی به طرف مخزن‌های در حال رشد اطلاق می‌شود که این مواد فتوسنتزی از طریق فتوسنتز جاری برگ‌ها و سایر اندام‌های سبز (سنبله و قسمت بالای ساقه) و نیز انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در میانگه‌های مختلف ساقه و غلاف برگ‌ها تامین می‌شود. قدرت مخزن به توانایی جذب مواد فتوسنتزی عرضه شده توسط اندام‌های مختلف مانند برگ‌ها، ریشه، ساقه و دانه‌های در حال رشد گفته می‌شود (White *et al.*, 2016). در صورتی که دانه‌ها به‌عنوان مخزن در نظر گرفته شوند، تعداد دانه در واحد سطح و اندازه آنها (وزن هزار دانه) تعیین کننده قدرت مخزن خواهند بود (Ahmadi *et al.*, 2009).

در ارتباط با رابطه منبع یا مخزن در گندم تحقیقات بسیار زیادی توسط محققان مختلف در سراسر دنیا انجام شده است. تیمارهای مختلفی مانند حذف برگ و سایه‌اندازی در شدت‌ها و زمان‌های مختلف (Wang *et al.*, 2003; Ahmadi *et al.*, 2009)، تغلیظ مقدار دی‌اکسیدکربن (Manderscheid *et al.*, 2003)، حذف سنبله‌ها و دانه‌ها در موقعیت‌های مختلف سنبله (Cruz- Aguado *et al.*, 2000)، استفاده از هورمون‌های مختلف (Mohammadi *et al.*, 2013) و غیره

برای تعدیل رابطه منبع و مخزن در گندم استفاده شده و نتایج مختلفی توسط محققان مختلف گزارش شده است. تعدادی از محققان بیان کرده‌اند که عملکرد دانه گندم توسط توانایی گیاه در عرضه مواد فتوسنتزی محدود می‌شود (محدودیت قدرت منبع). آلواری و همکاران (Álvarez *et al.*, 2007) اثرات حذف برگ پرچم و حذف ۵۰ درصد سنبله را در ۲۴ رقم دوروم قدیمی و جدید مطالعه کرده و مشاهده کردند که تیمار حذف ۵۰ درصد سنبله وزن دانه‌های باقی‌مانده را در ارقام جدید افزایش داد که نشان می‌داد در طول پر شدن دانه محدودیت در عرضه مواد فتوسنتزی وجود دارد. در مقابل نتایج سایر محققان نشان می‌دهد که هیچ محدودیتی در عرضه مواد فتوسنتزی در گندم و در طول پر شدن دانه وجود نداشته و گنجایش پایین دانه‌ها (محدودیت قدرت مخزن) عامل اصلی محدود کننده عملکرد در گندم است (Miralles and Slafer, 2007). این دسته از محققان بر این باورند که افزایش قدرت مخزن از طریق افزایش تعداد دانه در واحد سطح از راهکارهای مهم برنامه‌های اصلاحی گندم برای افزایش عملکرد دانه به‌شمار می‌رود. همچنین، تعدادی از گزارش‌ها نشان می‌دهد که عملکرد دانه در گندم توسط هر دو قدرت منبع و قدرت مخزن محدود می‌شود. کروز-آگادا و همکاران (Cruz-Aguado *et al.*, 2000) اثر تیمارهای حذف برگ و دانه را در سه رقم گندم بهاره که در دو تاریخ متفاوت کاشته شده بودند، مطالعه کرده و گزارش کردند دانه‌های ارقام گندم در اوایل رشد خود با محدودیت منبع مواجه بودند در حالی که در مراحل بعدی رشد دانه‌ها محدودیت مخزن غالب بود.

مغان- دانشگاه محقق اردبیلی ($36^{\circ} 39'$ عرض شمالی، $57^{\circ} 47'$ طول شرقی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا) اجرا شد. تعداد ۸۱ رقم از گندم‌های ایران به شرح جدول ۲ و با سوابق اصلاحی متفاوت مورد استفاده قرار گرفتند. این ارقام در فاصله سال‌های ۱۳۰۹ تا ۱۳۸۵ در کشور معرفی و آزاد شده‌اند.

پژوهش مورد نظر در شرایط فاریاب و در قالب طرح لاتیس ساده (شامل ۹ بلوک ناقص) و با ۲ تکرار اجرا شد. آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح، کودپاشی (۲۰۰ کیلوگرم فسفات دی‌آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و ایجاد جوی و پشته (با استفاده از فاروئر) در آبان ماه سال ۱۳۸۹ انجام شد. عرض پشته‌ها برای کشت نهایی ۵۰ سانتی‌متر بود. هر کرت شامل ۴ ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۲ متر بود. بذور ارقام مورد بررسی روی پشته‌ها به صورت دستی و با استفاده از فوکای دو دندانه مناسب کاشته شدند. مقدار بذر مورد استفاده ارقام بر اساس وزن هزار دانه آنها تنظیم شد تا تراکم بوته در هر کرت ۳۰۰ عدد در متر مربع باشد. مزرعه آزمایشی در اول آذر ماه سال ۱۳۸۹ آبیاری شد. آبیاری‌های بعدی مطابق با عرف در منطقه و در زمان‌های اول ساقه‌دهی، آخر ساقه‌دهی، گرده افشانی و پر شدن دانه انجام گرفت. جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ از علف‌کش‌های گرانستار و تاپیک استفاده شد. مخلوط علف‌کش‌های مذکور با نسبت مناسب در اواخر اسفند ماه بر روی مزرعه پاشیده شد. در هنگام ساقه‌دهی ارقام، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک در مزرعه پخش شد.

در زمان گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۵ ساقه اصلی از هر کرت به

یکی از روش‌هایی مهمی که برای مطالعه رابطه منبع و مخزن در گندم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد بررسی تغییرات تعداد دانه و اندازه دانه گندم در طی سال‌های اصلاح یا در طی روند اصلاح آن می‌باشد. در این روش ارقام قدیمی و جدید گندم که در طی سال‌های مختلف معرفی و آزاد شده‌اند، از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه و وزن دانه (وزن هزار دانه) با یکدیگر مقایسه شده و تغییرات در صفات مذکور به عنوان معیاری برای شناسایی محدودیت قدرت منبع یا مخزن استفاده می‌شود (De Vita et al., 2007; Joudi et al., 2014). در این حالت چنانچه عملکرد دانه و تعداد دانه در ارقام جدید گندم بیشتر از ارقام قدیمی باشد و نیز وزن هزار دانه در گذر از ارقام قدیمی به جدید دستخوش تغییر معنی‌دار نباشد یا اینکه شاهد روند افزایشی باشد، بیانگر این موضوع است که رشد دانه‌ها توسط قدرت مخزن (محدودیت مخزن) کنترل می‌شود. در مقابل زمانی که عملکرد دانه و تعداد دانه در ارقام جدید بیشتر ولی وزن هزار دانه آنها کمتر از انواع قدیمی باشد نشان‌دهنده این واقعیت است که محدودیت عرضه مواد فتوسنتزی (محدودیت منبع) نیز وجود دارد (De Vita et al., 2007; Joudi et al., 2014).

هدف از تحقیق حاضر بررسی رابطه منبع یا مخزن در گندم (محدودیت قدرت منبع- مخزن) از طریق مطالعه روند تغییرات وزن دانه و تعداد دانه در طی سال‌های اصلاح گندم بود. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های اصلاح گندم و معرفی ارقام جدید مورد استفاده قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به صورت آزمایش مزرعه‌ای در طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

تجزیه داده‌ها بر اساس طرح لاتیس ساده انجام گرفت. حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) جهت مقایسه ارقام استفاده شد. از رگرسیون ساده برای بررسی روند تغییرات صفات مختلف در طی روند اصلاحی گندم استفاده شد. با توجه به اینکه سال معرفی رقم برای یازده رقم گندم نامشخص بود لذا آنها در برازش منحنی مربوطه مورد استفاده قرار نگرفتند. از نرم‌افزارهای SAS، Excel و Word برای تجزیه داده‌ها، رسم شکل‌ها و جداول استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات ارزیابی شده در جدول ۱ نشان داده شده است. تفاوت بسیار زیادی از نظر عملکرد دانه در بین ارقام گندم مورد استفاده دیده شد (جدول ۱ و ۲). مقدار عملکرد دانه از ۲۹۳ گرم در متر مربع (۲۹۳۰ تن در هکتار) در مورد رقم شاه‌پسند تا ۷۴۶ گرم در متر مربع (۷۴۶۰ تن در هکتار) برای رقم کراس البرز متغیر بود. وجود چنین اختلافی در عملکرد دانه نشان‌دهنده پتانسیل‌های متفاوت ارقام گندم از نظر توان تولید دانه می‌باشد. در تحقیقی که توسط جوادی و همکاران (Joudi *et al.*, 2010) بر روی همین ارقام در شرایط فاریاب و تنش خشکی در کرج انجام شد مقدار عملکرد دانه از ۳۰۰ تا ۱۰۲۹ گرم در متر مربع در شرایط آبی و از ۱۰۸ تا ۸۲۴ گرم در متر مربع در شرایط تنش خشکی متغیر بود.

در تحقیق حاضر عموماً ارقام جدید و نسبتاً جدید دارای عملکرد بالا ولی ارقام قدیمی دارای عملکرد پایین بودند (جدول ۲). بررسی رابطه رگرسیونی عملکرد و سال معرفی ارقام نشان داد که از سال ۱۳۰۹ (۱۹۳۰ میلادی) که رقم سرداری معرفی شد تا سال ۱۳۸۵ (۲۰۰۶)

طور تصادفی انتخاب و کف بر شدند. نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال و به مدت ۴۸ ساعت در داخل آن ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا به‌طور کامل خشک شوند. در مرحله بعدی سنبله از ساقه اصلی جدا، توزین و میانگین وزن پنج سنبله ساقه اصلی محاسبه شد. با توجه به اینکه ساختار سنبله در زمان گرده افشانی تکمیل می‌شود لذا افزایش در وزن سنبله در بعد از گرده افشانی به معنی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌باشد (Ehdaie *et al.*, 2008). بنابراین، مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله (دانه‌ها) در فاصله زمانی گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک از تفاوت وزن سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و زمان گرده افشانی محاسبه گردید (Joudi, 2016).

در پایان فصل رشد و حدود یک هفته بعد از رسیدگی فیزیولوژیک، گیاهان موجود در یک متر مربع هر کرت برداشت و داخل گونی‌های نخی قرار داده شدند. گونی‌ها به مدت دو روز جلوی نور آفتاب قرار داده شدند تا رطوبت احتمالی موجود در گیاهان از بین رفته و کاملاً خشک شوند. گیاهان موجود در داخل هر گونی به تفکیک توزین شده و به عنوان بیوماس کل (عملکرد بیولوژیک) در نظر گرفته شد. در مرحله بعدی نمونه‌های گیاهی با کمباین مخصوص کوبیده و عملکرد دانه آنها تعیین شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک و ضرب عدد به دست آمده در ۱۰۰ محاسبه شد. وزن هزار دانه ارقام از طریق شمارش دو نمونه صد تایی مستقل از بذور و توزین آنها، میانگین‌گیری و ضرب عدد به دست آمده در ده حاصل شد. همچنین، تعداد دانه در متر مربع از طریق تقسیم عملکرد دانه در متر مربع بر متوسط وزن تک دانه محاسبه شد (Aggarwal *et al.*, 1990).

مقدار شاخص برداشت در گندم‌های کشت شده در منطقه مغان از ۲۵ تا ۴۷ درصد متغییر بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که مقدار شاخص برداشت در طی روند اصلاحی گندم به صورت خطی افزایش است (شکل ۱- ج) که مطابق با گزارش سایر محققان می‌باشد (Sener *et al.*, 2009). با توجه به اینکه سقف تئوریک شاخص برداشت در گندم‌های نان پاییزه ۶۴ درصد محاسبه شده است (Foulkes *et al.*, 2011)، به نظر می‌رسد که همچنان امکان افزایش شاخص برداشت در گندم‌های ایرانی وجود دارد.

تنوع بسیار زیادی برای وزن هزار دانه در بین ارقام گندم مشاهده شد (جدول ۱ و ۲). ارقام قدس و ناز به ترتیب با ۳۱/۲ و ۵۲/۹ گرم کمترین و بیشترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۲). میانگین وزن هزار دانه در ۱۰ رقم بالای جدول ۵۰/۳ گرم بود. همچنین، میانگین وزن هزار دانه در ۱۰ رقم پایین جدول ۳۵/۷ گرم بود. تغییرات وزن هزار دانه در ارقام کشت شده در طی زمان اصلاحی گندم در شکل ۱- د نشان داده شده است. ارتباط مشخصی بین سال آزادسازی رقم و وزن هزار دانه دیده نشد که نشان‌دهنده این موضوع است که در کنار افزایش عملکرد در گندم‌های جدید وزن هزار دانه آنها تغییر معنی‌داری نیافته و ثابت مانده است. به‌عنوان مثال، وزن هزار دانه در رقم هامون که در سال ۱۳۸۱ معرفی شده است با وزن هزار دانه رقم روشن معرفی شده در سال ۱۳۳۷ کم و بیش یکسان بود. این نتایج با گزارش سایر محققان مطابقت دارد (Sanchez-Garcia *et al.*, 2013 ; Sener *et al.*, 2009). سدراس (Sadras, 2007) در تحقیق جامعی که در طی آن روند تغییرات وزن هزار دانه و تعداد دانه را مطالعه کرد بیان

می‌لادی) که ارقامی مانند آرتا، بم و غیره آزاد شده‌اند عملکرد دانه به صورت خطی افزایش یافته است (شکل ۱- الف). بر اساس رابطه رگرسیونی عملکرد دانه به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار در سال افزایش یافته است. ریچارد و همکاران (Richards *et al.*, 2014) در یک تحقیق جامع مقدار افزایش عملکرد دانه در گندم‌های استرالیایی را از سال ۱۹۴۰ تا ۲۰۱۲ بررسی کرده و بیان کردند که متوسط افزایش عملکرد دانه در نقاط مختلف کشور استرالیا در سال‌هایی که شرایط آب و هوایی مساعد بوده، ۱۳ کیلوگرم در هکتار به ازای هر سال و در سال‌هایی که شرایط جوی نامساعد بوده ۹ کیلوگرم در هکتار در سال بوده است. سندر و همکاران (Sener *et al.*, 2009) گزارش کردند که در فاصله سال‌های ۱۹۲۵ تا ۲۰۰۶ مقدار افزایش عملکرد دانه در گندم‌های کشور ترکیه ۲۱ کیلوگرم در هکتار در سال بوده است. مقدار افزایش عملکرد دانه در طی روند اصلاحی گندم در کشور انگلستان به مراتب بالاتر بوده است (Shearman *et al.*, 2005). علت پایین بودن میزان بهبود عملکرد دانه در طی سال‌های اصلاحی گندم در کشورهای با آب و هوای مدیترانه‌ای توانایی کم آنها در پیشرفت ژنتیکی عنوان شده است (Sener *et al.*, 2009).

میانگین عملکرد بیولوژیک در بین ۸۱ رقم گندم آزمایش شده ۱۱۸۶ گرم در متر مربع بود. همچنین، کمترین و بیشترین مقدار این صفت به ترتیب ۸۵۶ تا ۱۷۳۶ گرم در متر مربع بود. (جدول ۲). منحنی رگرسیون تغییرات عملکرد بیولوژیک در مقابل سال آزادسازی ارقام گندم نشان‌دهنده عدم تغییر معنی‌دار این صفت در طی روند اصلاحی گندم در ایران می‌باشد (شکل ۱- ب).

یافته است (شکل ۱-ز، ۱-س و ۱-ش). افزایش در وزن سنبله در گندم‌های جدید به افزایش در اندازه سنبله و افزایش در تعداد دانه در سنبله نسبت داده شد (Joudi *et al.*, 2014). آراس و همکاران (Araus *et al.*, 2008) بیان داشتند که کاهش ارتفاع گیاه در گندم‌های جدید مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله در حال رشد را افزایش داده است که آن هم به نوبه خود وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله و واحد سطح را زیاد کرده است.

جدول ۳ تجزیه و تحلیل علیت عملکرد دانه را نشان می‌دهد. با استفاده از تجزیه علیت مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد دانه به علت اثر مستقیم آنها بر روی عملکرد و یا در نتیجه اثر غیر مستقیم از طریق صفات دیگر است. عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر روی عملکرد دانه بودند. اثر مستقیم این دو پارامتر بر روی عملکرد دانه به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۴۳ بود. همان‌طور که انتظار می‌رفت تعداد دانه در متر مربع و وزن هزار دانه نیز دارای اثرات مستقیم مثبت و معنی‌دار بر روی عملکرد دانه بودند. تاثیر مستقیم تعداد دانه روی عملکرد دانه (۰/۲۶) بیشتر از تاثیر مستقیم وزن هزار دانه (۰/۱۷) بود. اثرات غیرمستقیم صفات تعداد دانه در متر مربع و وزن هزار دانه از مسیر یکدیگر بر روی عملکرد دانه منفی (هر چند اندک) بود. رقابت بین دانه‌های در حال رشد و پر شدن بر سر منابع فتوسنتزی ضرورتاً دلیل رابطه منفی بین تعداد دانه در متر مربع و وزن هزار دانه نیست (Miralles and Slafer, 2007). رابطه منفی بین تعداد دانه در متر مربع و وزن هزار دانه می‌تواند به دلیل افزایش نسبت تعداد دانه‌هایی با گنجایش محدود (و در

داشت که در طی سال‌های اصلاح گندم وزن هزار دانه تغییرات اندکی پیدا کرده ولی در مقابل تعداد دانه در متر مربع افزایش داشته است (به پاراگراف پایین مراجعه شود).

تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر تعداد دانه در متر مربع وجود داشت (جدول ۱ و ۲). مقدار این صفت از ۱۶۵۷۸ برای رقم کراس البرز که دارای بیشترین عملکرد دانه نیز بود تا ۷۵۷۱ دانه در متر مربع برای رقم شاهپسند که دارای کمترین عملکرد دانه در متر مربع بود متغیر بود (جدول ۲). منحنی رگرسیونی نشان داد که در طی سال‌های گذشته تعداد دانه در متر مربع به صورت خطی افزایش یافته و مقدار آن عموماً در گندم‌های جدید بیشتر از گندم‌های قدیمی می‌باشد (شکل ۱-ر). نتایج مشابه توسط سایر محققین در گندم نان (Sener *et al.*, 2009) و گندم دوروم (De Vita *et al.*, 2007) گزارش شده است.

میانگین وزن سنبله ارقام مورد مطالعه در زمان گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب ۰/۵۸ و ۲/۶۳ گرم بود. این امر نشان می‌دهد که میانگین مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله (دانه‌ها) در فاصله گرده افشانی تا رسیدگی ۲/۰۵ گرم بوده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت تنوع وسیعی برای صفات وزن سنبله و مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله مشاهده شد (جدول ۱ و ۲). به‌عنوان مثال، مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله در فاصله زمانی گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک از ۱/۰۴ تا ۲/۶۸ گرم متغیر بود (جدول ۲). منحنی رگرسیون این صفات (صفات مرتبط با سنبله) در مقابل سال معرفی رقم نشان داد که در طی روند اصلاحی گندم مقدار این صفات در گندم‌های جدید افزایش

استفاده نمود (Joudi *et al.*, 2014). این امر از طریق کاشت ارقام قدیمی و جدید گندم در کنار یکدیگر و مقایسه آنها از نظر صفات مذکور ممکن می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که عملکرد دانه گندم به صورت معنی‌داری در گذر از سال‌های قدیمی به جدید افزایش یافته است. با عنایت به اینکه در این فاصله زمانی تعداد دانه در متر مربع و وزن سنبله در زمان گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک که معیاری از تعداد دانه در گیاه هستند به‌طور معنی‌داری افزایش یافته‌اند. همچنین، وزن هزار دانه ارقام دستخوش تغییر معنی‌دار نشده و ثابت مانده است (مقایسه شکل ۱- د و ۱- ر)، لذا به نظر می‌رسد که مقدار عرضه مواد فتوسنتزی برای پر کردن دانه‌های افزایش یافته کافی بوده است (De Vita *et al.*, 2007). این بدین معنی است که احتمالاً عملکرد دانه ارقام مورد آزمایش در شرایط آزمایش حاضر بیشتر توسط گنجایش اندک دانه‌ها (قدرت مخزن) محدود می‌شود. به‌عبارت دیگر، افزایش تعداد دانه در بوته یا در متر مربع احتمالاً با افزایش عملکرد دانه همراه خواهد بود.

نتیجه با وزن کم) باشد که این دانه‌های با گنجایش محدود در موقعیت‌های پایین سنبله به‌وجود می‌آیند (Acreche and Slafer, 2006). گزارش شده است که در شرایط متنوع زراعی رابطه بین تعداد دانه در متر مربع و عملکرد دانه به‌صورت خطی بوده است. این امر نشان می‌دهد که کاهش وزن هزار دانه به دلیل افزایش تعداد دانه به دلیل رقابت بر سر مواد فتوسنتزی نبوده است (Miralles and Slafer, 2007). این موضوع زمانی روشن تر می‌شود که نتایج آزمایش‌های مرتبط با تعدیل منبع یا مخزن در زمان پر شدن دانه به صورت کمی بررسی شوند. به‌عنوان مثال، بوراس و همکاران (Borras *et al.*, 2004) نتایج ۱۸ آزمایش مختلف را که در طی آنها محققان مختلف به روش‌های مختلفی رابطه بین منبع و مخزن را در طول پر شدن دانه گندم تغییر داده بودند را مطالعه کردند. نتایج بررسی کمی این آزمایش‌ها نشان داد که در گندم به ندرت محدودیت در عرضه مواد فتوسنتزی به دانه دیده می‌شود. بررسی تغییرات در عملکرد دانه، تعداد دانه و وزن هزار دانه گندم در گذر از سال‌های قدیمی به جدید می‌تواند به‌عنوان راهکاری جهت مشخص کردن محدودیت منبع یا مخزن در گندم

جدول ۱- میانگین مربعات برای صفات اندازه‌گیری شده در ۸۱ رقم گندم کاشته شده در منطقه مغان تحت شرایط فاریاب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

Table 1- Mean squares for measured traits in 81 wheat cultivars grown in Moghan region under irrigation conditions during 2010–2011 growing season

منابع تغییر S. O. V	درجه آزادی d.f.	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000- grain weight	تعداد دانه در متر مربع Grain No./m ²	وزن سنبله در زمان گرده افشانی Spike weight at anthesis	وزن سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیک Spike weight at maturity	مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله Partitioned photoassimilates to the spike
تکرار Replication	1	39640**	356919**	17.1**	83.0**	4182796**	0.005 ^{ns}	0.26**	0.19**
تیما Treatment (Un. adj)	80	11884**	48096**	37.2**	43.0**	5634988**	0.028**	0.32**	0.24**
تیما Treatment (adj)	80	11455**	41888**	35.9**	42.0**	5192637**	0.026**	0.29**	0.21**
خطای داخل بلوک Intra Block Error	64	3458	16031	6.1	3.6	2037897	0.004	0.11	0.11
خطای بلوک کامل تصادفی RCBD Error	80	5376	22667	6.6	3.9	2735431	0.005	0.15	0.15

ns, **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns, **: non-significant and significant at and 1% probability level, respectively

جدول ۲- عملکرد دانه (گرم در متر مربع)، عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)، شاخص برداشت (درصد)، وزن هزار دانه (گرم)، تعداد دانه در متر مربع، وزن سنبله در زمان گرده افشانی و رسیدگی (گرم) و مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله (دانه‌ها) در فاصله گرده افشانی- رسیدگی (گرم) در ۸۱ رقم گندم کاشته شده در منطقه مغان تحت شرایط فاریاب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

Table 2- Grain yield (g/m^2), biological yield (g/m^2), harvest index (%), 1000-grain weight (g), grain number per square meter, spike weight at anthesis and maturity (g), and partitioned photoassimilates to the spike during anthesis-maturity (g) in 81 wheat cultivars grown in Moghan region under irrigation conditions during 2010–2011 growing season

ردیف Number	ارقام Cultivars	سال معرفی Year of release	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000- grain weight	تعداد دانه در متر مربع Grain number (m^2)	وزن سنبله در گرده افشانی Spike weight at anthesis	وزن سنبله در رسیدگی Spike weight at maturity	تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله Partitioned photoassimilates to the spike
1	Arta	2006	546	1240	44	42.1	12969	0.50	2.70	2.20
2	Azadi	1979	524	1242	42	32.3	16223	0.64	2.41	1.77
3	Azar 1	1956	373	1197	31	44.4	8401	0.50	1.66	1.16
4	Azar2	1999	489	1256	39	49.7	9839	0.52	2.05	1.54
5	Atrak	1995	555	1241	45	39.6	14015	0.59	2.67	2.08
6	Arvand	1973	486	1127	43	46.7	10407	0.52	2.72	2.20
7	Estar	1995	580	1305	44	48	12083	0.55	3.12	2.57
8	Akbari	2006	727	1690	43	50.5	14396	0.63	2.75	2.12
9	Alborz	1978	535	1158	46	46	11630	0.63	2.63	2.00
10	Alvand	1995	470	1142	41	48.4	9711	0.57	2.81	2.24
11	Alamut	1995	571	1294	44	40.4	14134	0.55	2.56	2.01
12	Omid	1956	318	1107	29	40	7950	0.49	1.91	1.42
13	Inia	1968	461	1078	43	39.5	11671	0.57	2.64	2.06
14	Spring BC Roshan	1998	510	1329	38	44.4	11486	0.49	2.54	2.05
15	Winter BC Roshan	1998	539	1268	43	48.7	11068	0.64	2.68	2.04
16	Bam	2006	678	1736	39	50.2	13506	0.72	2.77	2.06
17	Bulani	-	572	1289	44	45.4	12599	0.57	2.65	2.08
18	Baiat	1976	481	1283	37	45	10689	0.54	2.43	1.89
19	Bistun	1980	496	1235	40	46.5	10667	0.46	2.31	1.85
20	Pishtaz	2002	530	1327	40	48.9	10838	0.70	2.72	2.01
21	Chamran	1997	520	1193	44	42.6	12207	0.58	2.15	1.57
22	Chanab	1975	470	1063	44	43.6	10780	0.55	2.64	2.08
23	Khazar 1	1973	454	1014	45	42.8	10607	0.62	2.65	2.03
24	Khalij	1960	514	1191	43	50.5	10178	0.69	3.17	2.47
25	Darab 2	1995	426	1139	37	39.9	10677	0.71	2.82	2.11
26	Daria	2006	443	1083	41	46.6	9506	0.61	2.68	2.07
27	Dez	2002	469	1111	42	43.5	10782	0.61	2.66	2.05
28	Durum Yavarus	1996	436	1031	42	41.3	10557	0.68	3.37	2.68
29	Rasul	1992	501	1135	44	49	10224	0.63	2.73	2.10
30	Roshan	1958	446	1307	34	46.6	9571	0.58	2.32	1.74
31	Zakros	1996	579	1260	46	46.5	12452	0.46	2.84	2.39
32	Zarrin	1995	505	1239	41	40.2	12562	0.81	3.50	2.68
33	Soisson	1994	456	1007	45	35.4	12881	0.31	2.44	2.13
34	Sabalan	1981	482	1360	35	46.8	10299	0.49	2.70	2.21
35	Sepahan	2006	512	1126	45	42.8	11963	0.51	2.23	1.72
36	Sorkhtokhm	1957	442	1061	42	43.8	10091	0.48	2.09	1.61
37	Sardari	1930	342	1004	34	38	9000	0.47	1.98	1.51
38	Somaye 3	-	370	1036	36	40.5	9136	0.53	1.57	1.04
39	Siatan	2006	548	1418	39	51.1	10724	0.61	2.57	1.96
40	Simine	1997	447	1029	43	44.5	10045	0.69	3.05	2.36
41	Shahpasand	1942	293	1126	26	38.7	7571	0.50	2.20	1.70
42	Shahi	1967	484	1265	38	45	10756	0.58	2.46	1.88
43	Shole	1957	584	1537	38	43.8	13333	0.39	2.45	2.06
44	Shovamald	2003	516	1147	45	37.8	13651	0.58	2.93	2.35

ادامه جدول ۲
Table2- Continued

45	Shahriar	2002	591	1347	44	41.3	14310	0.53	2.95	2.42
46	Shirodi	1997	543	1225	44	46.5	11677	0.54	3.15	2.61
47	Shiraz	2002	564	1474	38	47	12000	0.71	3.20	2.49
48	Tabasi	1951	415	1233	34	48.2	8610	0.52	2.07	1.55
49	Adl	1962	451	1101	41	42.9	10513	0.51	2.74	2.23
50	Frontana	-	386	989	39	42.6	9061	0.64	2.52	1.88
51	Falat	1990	466	1017	46	40.9	11394	0.47	3.05	2.59
52	Fongh	-	470	1039	45	48.2	9751	0.50	2.79	2.29
53	Ghods	1989	365	897	41	31.1	11736	0.66	2.80	2.14
54	Kaveh	1980	453	1080	42	40.7	11130	0.60	2.79	2.19
55	Gascogne	1994	510	1136	45	47.5	10737	0.46	2.51	2.06
56	Crossed Alborz	-	746	1605	46	45	16578	0.75	2.90	2.15
57	Crossed Shahi	-	500	1197	42	45	11111	0.52	2.03	1.50
58	Crossed Falat Hamun	2002	482	1144	42	47.1	10234	0.75	3.09	2.34
59	Kavir	1997	580	1233	47	43.1	13457	0.59	3.23	2.64
60	Karaj 1	1973	451	1296	35	46.7	9657	0.59	2.23	1.65
61	Karaj 2	1973	506	1231	41	39.2	12908	0.58	2.39	1.82
62	Karaj 3	1976	491	1313	37	38.2	12853	0.47	2.35	1.88
63	Gaspard	1994	485	1072	45	37	13108	0.42	2.24	1.81
64	Gholestan	1986	513	1258	41	49.6	10343	0.56	2.46	1.90
65	Marun	1991	433	1046	41	47.9	9040	0.68	3.36	2.68
66	Marvdasht	1999	481	1139	42	37.5	12827	0.74	3.12	2.37
67	Moghan 1	1973	387	1033	37	36.7	10545	0.56	2.74	2.18
68	Moghan 2	1974	500	1086	46	38.4	13021	0.53	2.18	1.65
69	Moghan 3	2006	471	1006	47	45	10467	0.65	3.01	2.36
70	Mahdavi	1995	539	1300	41	45.9	11743	0.81	3.45	2.64
71	Naz	1978	696	1515	46	52.9	13157	0.68	3.35	2.68
72	Navid	1968	511	1229	42	44.9	11381	0.58	3.10	2.52
73	Niknazhad	1995	464	1104	42	40.5	11457	1.20	2.95	1.75
74	Hamun	2002	446	1096	41	46.7	9550	0.59	2.11	1.52
75	Hirmand	1991	425	1093	39	44.4	9572	0.69	2.47	1.78
76	Verinak	-	387	856	45	37.9	10211	0.45	2.68	2.23
77	DN-11	-	449	1016	44	42.1	10665	0.48	2.26	1.78
78	Stark	2005	425	922	46	49	8673	0.54	3.11	2.57
79	WS-82-9	-	579	1321	44	50.2	11534	0.77	2.75	1.98
80	Kauz	-	473	1049	45	36.3	13030	0.54	2.19	1.65
81	Montana	-	398	917	43	35.7	11148	0.45	2.00	1.55
	میانگین Mean		490	1186	41	43.7	11272	0.58	2.63	2.05
	حداقل اختلاف معنی دار LSD		126	269	4.9	3.72	3027	0.14	0.71	0.72

جدول ۳- تجزیه علیت و تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات ارزیابی شده روی عملکرد دانه در ۸۱ رقم گندم کاشته شده در منطقه مغان تحت شرایط فاریاب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

Table 3- Path analysis and determination of direct and indirect effects of measured traits on grain yield in 81 wheat cultivars grown in Moghan region grown under irrigation conditions during 2010-2011 growing season

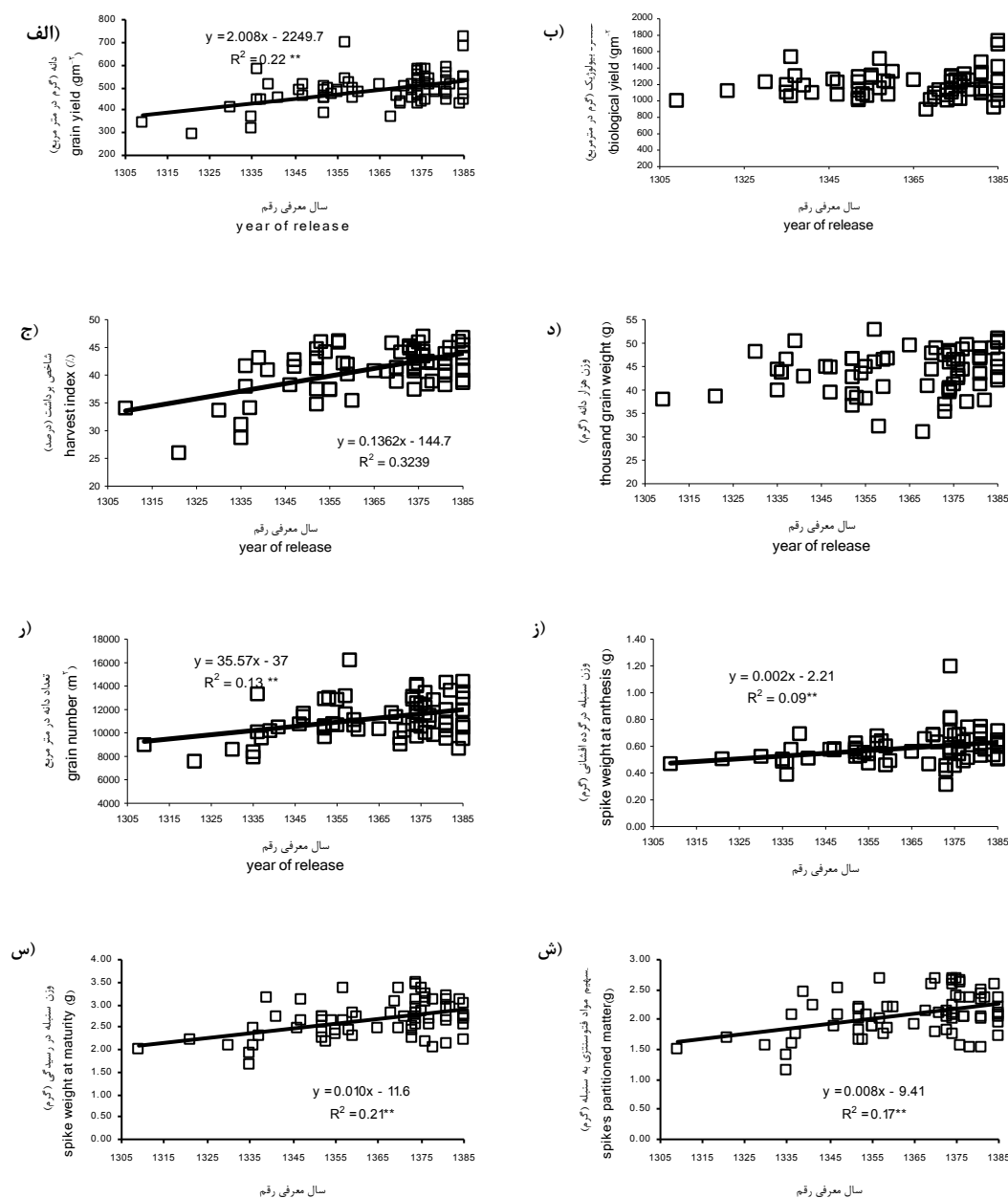
	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight	تعداد دانه در متر مربع Grain number (m ²)	وزن سنبله در گرده افشانی Spike weight at anthesis	وزن سنبله در رسیدگی Spike weight at maturity	تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله (دانه‌ها) Partitioned photoassimilates to the spike	همبستگی با عملکرد دانه Correlation with grain yield
عملکرد بیولوژیک Biological yield	<u>0.63</u>	-0.05	0.08	0.13	0.01	-0.02	0.01	0.79**
شاخص برداشت Harvest index	-0.08	<u>0.43</u>	0.01	0.14	0.00	-0.06	0.06	0.49**
وزن هزار دانه 1000-grain weight	0.31	0.01	<u>0.17</u>	-0.07	0.01	-0.03	0.03	0.43**
تعداد دانه در متر مربع Grain number (m ²)	0.31	0.23	-0.04	<u>0.26</u>	0.00	-0.03	0.03	0.75**
وزن سنبله در گرده افشانی Spike weight at anthesis	0.11	0.03	0.03	0.03	<u>0.05</u>	-0.07	0.03	0.21 ^{ns}
وزن سنبله در رسیدگی Spike weight at maturity	0.09	0.19	0.04	0.07	0.02	<u>-0.13</u>	0.12	0.40**
تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله (دانه‌ها) Partitioned photoassimilates to the spike	0.07	0.20	0.04	0.07	0.01	-0.13	<u>0.12</u>	0.38**
باقی مانده residual	0.07							

اعدادی که با خط مشخص شده اند اثرات مستقیم می‌باشند.

Underlined numbers are direct effects.

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns, **: non-significant and significant at 1% probability level, respectively



شکل ۱- بررسی رابطه سال معرفی رقم و الف- عملکرد دانه در متر مربع، ب- عملکرد بیولوژیک در متر مربع، ج- شاخص برداشت، د- وزن هزار دانه، ر- تعداد دانه در متر مربع، ز- وزن سنبله در زمان افشانی، س- وزن سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و ش- مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به سنبله در فاصله زمانی گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک در ۸۱ رقم گندم کاشته شده در منطقه مغان در سال زراعی ۹۰-۸۹. خط رگرسیونی تنها برای رگرسیون‌های معنی‌دار برازش شده است.

Figure 1- Relationships between year of release and grain yield per square meter, biological yield per square meter, harvest index, thousand grain weight, grain number per square meter, spike weight at anthesis and maturity, partitioned photoassimilates to the spike during anthesis-maturity in 81 wheat cultivars grown in Moghan region under irrigation conditions during 2010–2011 growing season. Only significant linear regressions were plotted.

References

منابع مورد استفاده

- Acreche, M.M., and G.A. Slafer. 2006. Grain weight response to increases in number of grains in wheat in a Mediterranean area. *Field Crops Research*. 98: 52-59.
- Aggarwal, P.K., R.A. Fischer, and S.P. Liboon. 1990. Source-sink relation and effects of post anthesis canopy defoliation in wheat at low latitudes. *Journal of Agricultural Science*. 114: 93-99.
- Ahmadi, A., M. Joudi, and M. Janmohammadi. 2009. Late defoliation and wheat yield: Little evidence of post-anthesis source limitation. *Field Crops Research*. 113: 90-93.
- Álvarez, F., C. Royo, L.F. García del Moral, and D. Villegas. 2007. Grain filling and dry matter translocation responses to source-sink modifications in a historical series of durum wheat. *Crop Science*. 48: 1523-1531.
- Anonymous. 2013. FAO Production Statistics. Available online at: <http://faostat.fao.org/site/>
- Araus, J.L., G.A. Slafer, C. Royo, and M.D. Serreat. 2008. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Review in Plant Science*. 27: 377-412.
- Borras, L., G.A. Slafer, and M.E. Otegui. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*. 86: 131-146.
- Cruz-Aguado, J.A., R. Rodes, I.P. Perez, and M. Dorado. 2000. Morphological characteristics and yield components associated with accumulation and loss of dry mass in the internodes of wheat. *Field Crops Research*. 66:129-139.
- De Vita, P., O.L.D. Nicosia, F. Nigro, C. Platani, C. Reifolo, N. Di Fonzo, and L. Cattivelli. 2007 Breeding progress in morphophysiological, agronomical and qualitative traits of durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century. *European Journal of Agronomy*. 26: 39-53.
- Ehdaie, B., G.A. Alloush, and J.G. Waines. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*. 106: 34-43.
- Foulkes, M.J., G.A. Slafer, W.J. Davies, P.M. Berry, R. Sylvester-Bradley, P. Martre, D.F. Calderini, S. Griffiths, and M. Reynolds. 2011. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *Journal of Experimental Botany*. 69: 469-486.
- Joudi, M. 2016. Environmental conditions affect associations between wheat yield and phenological events. *Jordan Journal of Agricultural Science*. 12(1):169-180.
- Joudi, M., A. Ahmadi, V. Mohammadi, A.R. Abbasi, H. Mohammadi, M. Esmailpour, Z. Bayat, and B. Torkashvand. 2010. Evaluation of stem reserves accumulation and remobilization in Iranian wheat cultivars under irrigated and post-anthesis drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 2: 315-328. (In Persian).

- Joudi, M., A. Ahmadi, V. Mohammadi, A.R. Abbasi, and H. Mohammadi. 2014. Genetic changes in agronomic and phenologic traits of Iranian wheat cultivars grown in different environmental conditions. *Euphytica*. 196: 237-249.
- Manderscheid R., S. Burkart, A. Bramm, and H.J. Weigel. 2003. Effect of CO₂ enrichment on growth and daily radiation use efficiency of wheat in relation to temperature and growth stage. *European Journal of Agronomy*. 19 (3): 411-425.
- Miralles, D.J., and G.A. Slafer. 2007. Sink limitation to yield in wheat: how could it be reduced? *Journal of Agricultural Science*. 145: 139-149.
- Mohammadi, H., A. Ahmadi, J.C. Yang, F. Moradi, Z. Wang, A. Abbasi, and K. Poustini. 2013. Effects of nitrogen and ABA application on basal and distal kernel weight of wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15: 889-900.
- Richards, R.A., J.R. Hunt, J.A. Kirkegaard, and J.B. Passioura. 2014. Yield improvement and adaptation of wheat to water-limited environments in Australia—a case study. *Crop and Pasture Science*. 65: 676-689.
- Sadras, V.O. 2007. Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crop. *Field Crops Research*. 100: 125-138.
- Sanchez-Garcia, M., C. Royo, N. Aparicio, J.A. Martin-Sanchez, and F.Alvaro 2013. Genetic improvement of bread wheat yield and associated traits in Spain during the 20th century. *Journal of Agricultural Science*. 151: 105-116.
- Sener, O., M. Arslan, Y. Soysal, and M. Eryman. 2009. Estimates of relative yield potential and genetic improvement of wheat cultivars in the Mediterranean region. *Journal of Agricultural Science*. 147: 323-332.
- Shearman, V.J., R. Sylvester-Bradley, R.K. Scott, and M.J. Foulkes. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science*. 45: 175-185.
- Wang, Z., Y. Yin, M. He, Y. Zhang, S. Lu, Q. Li, and S. Shi. 2003. Allocation of photosynthates and grain growth of two wheat cultivars with different potential grain growth in response to pre- and post-anthesis shading. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 189: 280-285.
- White, A.C., A. Rogers, M. Rees, and C.P. Osborne. 2016. How can we make plants grow faster? A source–sink perspective on growth rate. *Journal of Experimental Botany*. 67: 31-45.

The Study of Source-Sink Relations by Comparison of Weight and Grain in the Modern and Old Wheat Cultivars

Mehdi Joudi^{1*}, and Shahram Mehri²

Received: December 2016, Revised: 4 February 2017, Accepted: 26 February 2017

Abstract

Seed filling in wheat is controlled by the availability of substrate (source strength), the capacity of the organs to utilize it for seed growth (sink strength). The aim of this research was to study source-sink relations in wheat, through seed weight and grain number in new and old wheat cultivars. The experiment was performed at Moghan College of Agriculture and Natural Resources, Research Farm (University of Mohaghegh Ardabili) during 2010-2011 growing season. The plant materials (81 wheat cultivars) were evaluated using a simple lattice design with two replications under well-watered condition. The results showed that there were significant differences for measured agronomic and physiologic traits among wheat cultivars tested. Overall, new wheat cultivars showed high values of seed yield as compared with the old ones. This trend was also observed in the cases of harvest index (HI) and grain number per square meter. There were no significant differences in biological yield and 1000-grain weight between old and new cultivars. Spike dry weight measured at anthesis and physiologic maturity and also partitioning photoassimilates to the spike during anthesis-physiologic maturity phases increased more in new cultivars than old ones. Increased grain number in new wheat cultivars and the lack of significant changes in 1000-seed weight suggests that seed yields of the cultivars used under the condition tested are controlled more by sink than source strength. Under conditions tested, it seems that increased grain number, either in plant level or in square meter, might be considered as a way to assess increased seed yield.

Key words: Grain number, Grain weight, Modern and new cultivar, Sink limitation, Wheat.

1- Associate Prof., Meshkin Shahr Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Department of Agriculture, ParsAbad Moghan Branch, Islamic Azad University, ParsAbad Moghan, Iran.

* *Corresponding Author:* mehdi_joudi@gmail.com

