شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IDAJ.2022.356626.357

ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دیم از لحاظ سهم فتوسنتزی اجزای گل‌آذین و برگ‌ها در صفات مرتبط با عملکرد دانه

فریبا قاسمی[۱]، علیرضا پورمحمد[۱*]، صابر گلکاری[۲]، علی اصغر علی‌لو[۱]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲- پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محدودیت‌های فتوسنتزی بر صفات مرتبط با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دیم، آزمایشی در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار با ۲۴ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور اصلی و محدودیت فتوسنتزی به‌عنوان فاکتور فرعی در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در مراغه انجام گردید. صفات طول سنبله، تعداد سنبلک در سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. اختلاف بین ژنوتیپ‌های گندم دیم مورد مطالعه از نظر صفات مورد اندازه‌گیری، معنی‌دار بود. صفت وزن سنبله دارای همبستگی مثبت معنی‌دار با صفت تعداد دانه در سنبله بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط شاهد نشان داد که تمامی صفات در درون یک مولفه اصلی قرار گرفتند که صفت تعداد دانه در سنبله به عنوان موثرترین صفت ارزیابی شد. در حالی که تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط محدودیت‌های فتوسنتزی حاکی از این بود که صفات در دو مولفه اصلی جداگانه قرار می‌گیرند که مولفه اصلی اول نمایانگر تعداد دانه در سنبله و مولفه اصلی دوم نمایانگر وزن هزار دانه است. در حالت کلی چه شاهد و چه محدودیت فتوسنتزی، صفت تعداد دانه در سنبله به‌عنوان موثرترین صفت، ارزیابی گردید. از طرف دیگر از بین محدودیت‌های فتوسنتزی مورد بررسی، حذف برگ پرچم، بیشترین کاهش را در صفات مرتبط با عملکرد دانه ایفاء کرد.

واژه‌های کلیدی: برگ پرچم، تجزیه به مولفه‌های اصلی، ریشک.

* نگارنده مسئول: *pourmohammad@ymail.com* تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۵

مقدمه

گندم گیاهی یکساله از خانواده گرامینه و جنس تریتیکوم است که گندم نان (*Triticum aestivum* L.) مهمترین گونه آن می‌باشد. صفات مورفولوژیکی و زراعی گندم در تعیین اهمیت هر یک از صفات در افزایش عملکرد، نقش عمده-ای دارد. بنابراین این صفات در برنامه‌های به‌نژادی که برای بهبود عملکرد بکار می‌روند مورد استفاده قرار می‌گیرند (Mollasadeghi *et al.,* 2011).

یکی از راهکارهای دستیابی به عملکرد بالا در گندم تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها است (*Felekari et al.,* 2014). رشد و پر شدن دانه در گندم توسط قدرت منبع، قدرت مخزن و تعادل بین قدرت منبع-مخزن کنترل می‌شود (Foulkes *et al.,* 2011). در مورد رابطه منبع یا مخزن در گندم تیمارهای مختلفی مانند حذف برگ و سایه‌اندازی در شدت‌ها و زمان‌های مختلف (Wang *et al.,* 2003; Ahmadi *et al.,* 2009)، حذف سنبلچه‌ها و دانه‌ها در موقعیت‌های مختلف سنبله (Cruz-Aguado *et al.,* 2000) و غیره برای تعدیل رابطه منبع و مخزن در گندم استفاده شده و نتایج مختلفی توسط محققان مختلف گزارش شده است. آلوارو و همکاران (Alvaro *et al.,* 2007) اثرات حذف برگ پرچم و حذف پنجاه درصد سنبله را در گندم دوروم مطالعه کرده و مشاهده کردند که وزن دانه‌های باقیمانده در ارقام جدید نسبت به قدیم افزایش یافته است که نشان می‌دهد در طول پر شدن دانه محدودیت در عرضه مواد فتوسنتزی وجود دارد. همچنین، تعدادی از گزارش‌ها نشان می‌دهد که عملکرد دانه در گندم توسط هر دو قدرت منبع و قدرت مخزن محدود می‌شود (Cruz-Aguado *et al.,* 2000).

تعداد دانه در واحد سطح، نقش زیادی در تعیین عملکرد دانه به صورت غیرمستقیم دارد (Fischer, 2008; Slafer, 2003) سرعت و مدت زمان پر شدن دانه دو فاکتور مهم در پر شدن دانه می‌باشد. این دو عامل، در رسیدگی فیزیولوژیکی و وزن دانه، نقش بسیار مهمی دارند (Fanny et al., 2008). پس از مرحله گلدهی، فتوسنتز جاری به سطوح سبز دریافت کننده نور وابسته می‌باشد که به وسیله پیری طبیعی و تنش‌های مختلف در دوره پر شدن دانه کاهش پیدا می‌کند. از اندام-های فتوسنتزی مهم دیگر در زمان گرده‌افشانی می‌توان به برگ پرچم اشاره کرد. هنگامی که کم آبی یعنی شرایط دیم وجود دارد سنبله مهمترین اندام فتوسنتزی نسبت به برگ پرچم به شمار می-رود. برگ پرچم که کمترین فاصله را با سنبله دارد در تغذیه دانه‌های سنبله نقش اساسی دارد (امام، ۱۳۸۶). در شرایط مطلوب آبی، سهم سنبله در فتوسنتز بیشتر از برگ پرچم بوده اما در شرایطی که تنش خشکی وجود دارد مقدار فتوسنتز سنبله کمتر از فتوسنتز برگ پرچم می-باشد (Abbad *et al.,* 2004). همه برگ‌ها بر رشد دانه تأثیر می‌گذارند ولی تأثیر برگ پرچم بر عملکرد دانه بیشتر از سایر برگ‌ها می‌باشد (Khaliq *et al.,* 2008). فعالیت فتوسنتزی منبع یعنی برگ‌ها و قابلیت ذخیره سازی مخزن یعنی

دانه‌ها، از مهمترین عوامل محدود کننده عملکرد دانه است (Acreche and Slafer, 2006).

حذف سنبلک در مرحله گرده‌افشانی، سرعت پیری برگ پرچم را به تأخیر می‌اندازد (Srivalli and Khanna-Chopra, 2009). وانگ و همکاران (Whang *et al.*, 2016) آزمایشی روی ۱۵ رقم گندم انجام دادند. آنها فتوسنتز سنبله را با سایه اندازی با پاکت در اوایل مرحله رسیدگی، بر روی سنبله آزمایش کرده و کاهش عملکرد دانه را گزارش کردند. عبدلی و همکاران (۱۳۹۳) آزمایشی روی گندم نان انجام داده و به این نتیجه رسیدند که حذف منابع فتوسنتزی، موجب کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش وزن دانه می‌شود. همچنین در پژوهش انجام شده توسط این محققان، سهم فتوسنتز سنبله در پر کردن دانه ۳۵/۴ درصد گزارش شد که بیشتر از نقش برگ پرچم و برگ‌های پایینی (به ترتیب ۱۸/۶ و ۱۸/۵درصد) بود. در پژوهشی که اثر منبع و مخزن بر روی گندم نان مورد آزمایش قرار گرفت حیدری (۲۰۱۵) مشاهده کرد که حذف ۵۰ درصدی سنبله موجب کاهش صفت شاخص برداشت گردید. حذف ۵۰ درصد سنبلک، عملکرد دانه گندم را تا ۳۷ درصد کاهش می‌دهد و وزن صد دانه را، به میزان نه درصد افزایش می-دهد (Alam, 2008). احمدی و جودی (۲۰۰۷) گزارش کردند که حذف برگ پرچم و یا همه برگ‌ها در مرحله گرده افشانی در عملکرد دانه گندم، تأثیر معنی‌دار و قابل توجهی دارد.

وزن دانه یکی از شاخص‌های مهم عملکرد در گیاهان دانه‌ای به شمار می‌رود (هاشمی دزفولی، ۱۳۷۴). این شاخص از یک سو به میزان اسیمیلات‌های (منبع) موجود به ویژه در مراحل اولیه رشد دانه و از سوی دیگر به ظرفیت و توانایی دانه‌های درحال رشد (مخازن) برای ذخیره اسیمیلات‌ها بستگی دارد (Li *et al.*, 2006). عدم تأثیر حذف برگ‌ها در مرحله پنجه‌زنی ارقام گندم توسط ژو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. در پژوهشی، محدودیت منابع فتوسنتزی شامل حذف کامل برگ‌ها و حذف برگ پرچم در گندم نان در زمان گرده‌افشانی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله شد (تیموری و همکاران، ۱۳۹۳). حذف برگ‌ها در گندم به کاهش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت وعملکرد دانه منجر می‌شود (Alam *et al.*, 2008). در آزمایشی که توسط فلکاری و همکاران (۲۰۱۴) بر روی چهار رقم گندم نان صورت گرفت، مشاهده شد محدودیت منبع و مخزن بر روی صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله تأثیر می‌گذارد که بالاترین عملکرد دانه به شاهد تعلق گرفت و با حذف سنبلک، حذف تمام برگ‌ها، حذف برگ پرچم و حذف سایر برگ‌ها، به ترتیب کاهش ۳۶، ۲۰، ۱۸ و ۹ درصدی عملکرد، مشاهده شد.

داشتن ریشک‌های بلند یکی از بهترین ویژگی-های گندم به شمار می‌آید به ویژه در شرایطی که تنش خشکی وجود دارد. ریشک به عنوان یک عضو از گیاه نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی و زراعی گیاه ایفا می‌کند، به طوری که وجود آن باعث افزایش تحمل گیاه در برابر

تنش خشکی می گردد. وجود ریشک‌های طویل یکی از نشانه های سازگاری به خشکی در این گیاهان می باشد و یکی از مواردی است که می‌تواند کارآیی مصرف آب را پس از گرده افشانی افزایش دهد (Reynolds and Tuberosa, 2008). صغیر و همکاران (۱۹۶۸) گزارش کردند که حذف ریشک در مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش عملکرد و وزن دانه می‌شود. همچنین این محققان مشاهده کردند که قطع ریشک‌ها در هنگام گرده افشانی سبب کاهش ۲۰/۸ درصدی عملکرد دانه و کاهش ۱۳/۴ درصدی وزن هزار دانه می‌شود.

درک روابط منبع و مخزن در فرایند تولید مواد فتوسنتزی در گندم میتواند در شناخت خصوصیات فیزیولوژیکی مناسب برای انتخاب و تغییر عملکرد دانه استفاده شود (Maydup *et al.*, 2013). اکثر ژنوتیپ‌های گندم جدید اصلاح شده با محدودیت منبع روبرو هستند. میزان محدودیت منبع ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف، متفاوت بوده و به نظر می‌رسد بررسی میزان محدودیت در ژنوتیپ‌های گندم در یک منطقه منعکس کننده میزان سازگاری هر ژنوتیپ به آن شرایط آب و هوایی باشد. بهبود ژنتیکی گیاهان نیازمند شناخت مکانیزم های موثر بر عملکرد دانه به عنوان معیاری برای انتخاب ارقام برتر و پیشرفت ژنتیکی در این راستا می باشد. بنابراین مطالعه خصوصیات فیزیولوژیک نظیر محدودیت منبع ضروری به نظر می‌رسد. نظر به اهمیت حصول حداکثر عملکرد محصول گندم و احتمال زیاد وقوع تنش خشکی خصوصاً در مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه و کاهش پتانسیل تولیدی ارقام مختلف گندم در شرایط دیم، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر محدودیت منبع در صفات مؤثر بر عملکرد اجرا گردید. بدین معنی که، این مطالعه با هدف تأثیر حذف اندام‌های فتوسنتزی شامل برگ پرچم، ریشک، کل برگ‌ها و همچنین حذف تابش دریافتی بوسیله سایه اندازی بر سنبله، روی صفات مرتبط با عملکرد دانه گندم دیم و تعیین مهم‌ترین اندام فتوسنتزی انجام گردید. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های اصلاح گندم و معرفی ارقام جدید مورد استفاده قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در شرایط دیم انجام گرفت. قطعه زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل به صورت آیش بوده و عملیات تهیه بستر مطابق دستورالعمل فنی موسسه دیم انجام گرفت. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱)، مقدار ۲۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار محاسبه و به خاک اضافه شد. دو سوم کود اوره در زمان کاشت به همراه کود فسفاته و بقیه، در بهار به صورت سرک استفاده شد. بذرکاری با دستگاه آزمایشات، پس از انجام شخم و کرت-بندی زمین با توجه به طرح مورد استفاده صورت گرفت. در این پژوهش، تعداد ۲۲ ژنوتیپ گندم دیم پاییزه به همراه ارقام شاهد آذر ۲ و باران (جمعاً ۲۴ ژنوتیپ) استفاده شد که از بخش غلات موسسه تحقیقات دیم مراغه تهیه شد (جدول ۲).

رقم باران دارای ویژگی‌های مقاومت به سرما، خشکی، تحمل به بیماری‌ها و برتری نسبت به ارقام بومی است (روستایی و همکاران ۱۳۷۹). رقم آذر ۲، زودرس و مقاوم به ورس، ریزش دانه، سرما و خشکی می باشد (روستایی و همکاران ۱۳۹۳). این دو رقم مقاوم به خشکی هستند و سایر ژنوتیپ‌ها، ویژگی‌های متداول گندم‌های دیم را دارا بودند. بنابراین این ژنوتیپ-ها و ارقام در آزمایش وارد شدند که ویژگی‌های آنها از قبیل شجره، ارتفاع متوسط بوته و طول فصل رشد (تعداد روز تا رسیدگی) در جدول ۲ ملاحظه می‌شود.

آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده با ژنوتیپ (فاکتور اصلی) و محدودیت فتوسنتزی (فاکتور فرعی) با چهار تکرار پیاده وبلوک‌ها در جهت عمود بر غیر یکنواختی خاک در نظر گرفته شدند. زمان کاشت ۱۵ آبان ماه و تراکم بذر ۳۵۰ دانه در متر مربع بود.

صفات اندازه گیری شده از محدودیت اندام‌های فتوسنتزی: در مرحله قبل از گرده افشانی (مرحله کد ۵)، یک متر اول از هر کرت را به پنج قسمت تقسیم و در هر قسمت یکی از محدودیت‌های فتوسنتزی اعمال گردید. اندام‌های فتوسنتزی محدود شده شامل برگ پرچم، تمام برگ‌ها، ریشک، تابش (پوشش کل سنبله با فویل آلومینیومی) و شاهد بود. به طوری که در قسمت اول، برای قطع برگ پرچم، پنج بوته انتخاب، سپس با نوار سفید رنگ علامت گذاری و توسط قیچی، بالاترین برگ ساقه (برگ پرچم) قطع گردید. در قسمت دوم، پنج بوته دیگر با نوار آبی رنگ مشخص و تمام برگ‌های آن‌ها با قیچی قطع شد. در قسمت سوم، پنج بوته دیگر انتخاب و با نوار سبز رنگ علامت گذاری شد و ریشک-های سنبله‌ها با قیچی قطع گردید. در قسمت چهارم، سنبله‌های پنج بوته دیگر به منظور جلوگیری از فتوسنتز سنبله، با فویل آلومینیومی پوشش داده شد. در نهایت پنج بوته دیگر به عنوان شاهد در پنجمین قسمت، انتخاب و با نوار قرمز رنگ علامت گذاری گردید. در اواخر تیر ماه برداشت سنبله‌های هر تیمار به صورت جداگانه شروع گردید و سنبله‌ها درون پاکت‌های مربوطه که مشخصات ژنوتیپ و محدودیت‌های فتوسنتزی (قطع برگ پرچم، تمام برگ‌ها، ریشک‌ها، نور و شاهد) روی پاکت‌ها نوشته شده بود قرار داده شد. در هر محدودیت پس از برداشت، صفات طول سنبله، تعداد سنبلک در سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند.

تجزیه‌های آماری: قبل از تجزیه واریانس، نرمال بودن داده‌ها و خطاها و افزایشی بودن اثر تکرار و تیمار بررسی گردید. سپس ضرایب همبستگی بین صفات محاسبه و تجزیه به مولفه های اصلی (مقدم و همکاران ۱۳۸۸) انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای GenStat12، SPSS 21 و MSTATC استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه: همان‌طورکه در جدول ۳ ملاحظه می‌شود در بین

ژنوتیپ‌های گندم دیم، در تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و در بین محدودیت‌های فتوسنتزی در صفات تعداد سنبلک در سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه: جداول ۴ الی ۹ میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌ها را در هر کدام از محدودیت‌های فتوسنتزی اعمال شده نشان می‌دهند. در هر ویژگی، زیر حداقل و حداکثر مقادیر برای ژنوتیپ‌ها خط کشیده شده است. میانگین طول سنبله در تمام حالت‌ها به جز حذف برگ پرچم، در ژنوتیپ ۱۲ دارای بیشترین مقادیر بود. ژنوتیپ ۱۷ در صفت تعداد سنبلک در سنبله در حالت-های شاهد، حذف ریشک و تابش بیشترین میانگین را داشت. همچنین ژنوتیپ ۱۴ از نظر میانگین وزن سنبله بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و برای صفات میانگین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در حالت‌های حذف تمام برگ‌ها و تابش به ترتیب ژنوتیپ‌های ۲۲ و ۲۰ بیشترین مقادیر را دارا بودند.

با توجه به جداول ۴ الی ۹، صفات طول سنبله و تعداد سنبلک در سنبله در حالت‌های حذف تمام برگ‌ها و برگ پرچم به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین را دارا بودند. همچنین صفات وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در حالت‌های شاهد وحذف تابش (پوشش با فویل آلومینیومی) به‌ترتیب بیشترین و کمترین میانگین را به خود اختصاص دادند. در پژوهش‌های پیشین هم دووایری (۱۹۸۴) گزارش کرده است با حذف ریشک درگندم دیم، صفت تعداد دانه در

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از اجرای آزمایش

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	مواد خنثی شونده (٪)	کربن آلی (٪)	درصد اشباع (٪)	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)
۲۷	۳۷	۳۶	۳/۳	۰/۰۴	۶۰	۷/۸	۰/۵۶
نیترات (mg/kg)	آمونیوم (mg/kg)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	آهن قابل جذب (mg/kg)	منگنز قابل جذب (mg/kg)	روی قابل جذب (mg/kg)	مس قابل جذب (mg/kg)
۵/۶	۵/۶	۶/۳	۵۱۸	۸/۵	۲۱/۸	۱/۶	۲/۲

سنبله کاهش می-یابد. صغیر و همکاران (۱۹۶۸) گزارش کردند که حذف ریشک در گندم باعث کاهش وزن دانه می‌شود. آن‌ها مشاهده کردند حذف این اندام در هنگام گرده‌افشانی موجب کاهش ۱۳/۴ درصدی وزن هزار دانه می‌شود. عبدلی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که حذف منابع فتوسنتزی موجب کاهش وزن دانه می‌شود. آن‌ها نتیجه گرفتند که سهم برگ پرچم

و برگ‌های پایینی در پر شدن دانه به ترتیب ۱۸/۶ و ۱۸/۵ درصد بودند. بر اساس گزارش پترسون و اهم (۱۹۷۵) حذف برگ پرچم، وزن دانه را کاهش می‌دهد. دووایری (۱۹۸۴) گزارش کرده است درگندم دیم، با حذف برگ پرچم، صفت تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد. بنا به گزارش محمود و همکاران (۱۹۹۱) که حذف برگ پرچم، به طور معنی‌داری، صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را کاهش می‌دهد. بر اساس نتایج آزمایش دیگر گزارش شده است، حذف برگ پرچم موجب کاهش ۱۳ درصدی تعداد دانه در سنبله، ۳۴ درصد وزن دانه در سنبله و ۲۴ درصد وزن هزار دانه در گندم گردیده است (Birsin, 2005). تیموری و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند حذف کامل برگ‌ها و حذف برگ پرچم، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله را به طور معنی‌داری کاهش داد. بنا به گزارش آلام و همکاران (۲۰۰۸)، حذف برگ‌ها در گندم در مرحله گرده‌افشانی، منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می شود. در آزمایش انجام شده توسط فلکاری و همکاران (۲۰۱۴) محدودیت منبع و مخزن بر روی صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله تأثیر داشت.

شکل‌های ۱ الی ۵ تأثیر محدودیت‌های فتوسنتزی را روی صفات مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱، در بین محدودیت‌های فتوسنتزی از لحاظ صفت طول سنبله در حالت حذف تمام برگ‌ها و حالت حذف برگ پرچم اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در این صفت تأثیر حذف برگ پرچم بیشتر از حذف تمام برگ‌ها دیده می‌شود. زیرا برگ‌های پایینی بوسیله برگ‌های بالایی سایه‌دار می‌شوند و حداکثر جذب نور توسط برگ‌های بالایی انجام می‌شود بنابراین برگ پرچم که از منابع فتوسنتزی مهم به شمار می‌رود در افزایش عملکرد دانه نقش اساسی دارد (Cruz-Aguoda *et al.*, 1999). در صفت تعداد سنبلک در سنبله نیز بین حالت حذف برگ پرچم با حالت‌های حذف تابش (پوشش سنبله با فویل آلومینیومی) و حذف تمام برگ‌ها اختلاف معنی-داری وجود دارد. در این صفت نیز تأثیر محدودیت برگ پرچم بیشتر از دیگر محدودیت-ها می‌باشد و از آنجایی که سرعت فتوسنتز برگ به موقعیت قرار گرفتن آن در روی گیاه بستگی دارد و در گندم زمستانه، برگ پرچم و دومین برگ بیشترین تأثیر در فتوسنتز را دارند (Olszewski *et al.*, 2008)، این نتیجه دور از انتظار نمی‌باشد (شکل ۲). در شکل ۳ بین اکثر محدودیت‌های فتوسنتزی از لحاظ وزن سنبله اختلاف معنی‌داری وجود داشته که از بین این محدودیت‌ها، حذف تابش (پوشش سنبله با فویل آلومینیومی) بیشترین تأثیر را بر کاهش صفت مورد نظر دارد. نور یکی از فاکتورهای بسیار مهم برای گندم به شمار می‌رود زیرا این گیاه در روشنایی کامل رشد و نمو کرده و تولید دانه می‌کند (ایران نژاد و شهبازیان، ۱۳۸۴). از لحاظ صفت تعداد دانه در سنبله، بین حالت‌های حذف تابش و حذف ریشک با حالت شاهد، اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد (شکل ۴).

جدول ۲- شجره ژنوتیپ‌های گندم دیم پاییزه مورد استفاده در آزمایش

ژنوتیپ	شجره	ارتفاع بوته	روز تا رسیدگی
۱	Baran	۹۲/۷۵	۱۸۱/۷۵
۲	Ohadi	۸۳/۹۲	۱۷۹/۷۵
۳	87 (CB-R6)/Azar2 //Un known-9/914 Gene Bank Material IRBW 05- 165-0MAR-0MAR-0MAR-3MAR-3MAR	۸۷/۰۰	۱۸۰/۷۵
۴	88 (CB-R6)/Azar2 //Un known-9/914 Gene Bank Material IRBW 05- 165-0MAR-0MAR-0MAR-5MAR-2MAR	۸۱/۲۵	۱۸۳
۵	PMF/MAYA//YACO/3/CO693591/CTK/4/Trakia//Maga"s"74/Mon"s"/3/Shahi /5/Kohdasht/82 (CB-R5) IRBW 05- 064-OMAR-0SHI-OMAR-3MAR-3MAR	۹۹/۵۸	۱۸۲
۶	NGDA146/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA/5/F130L1.12 /6/Azar2 /7/Trakia//Maga"s"74/Mon"s"/3/Shahi/4/Khazar/3/Jcam/Emu"s"//Dove" IRBW 05- 013-OMAR-0SHI-OMAR-1MAR-2MAR	۹۹/۴۲	۱۸۴/۲۵
۷	Anza/3/Pi//Nar/Hys/4/Sefid /5/Un known /6/Un known-1//Pf 82200/Sardari IRBW 05- 148-0MAR-0MAR-0MAR-5MAR-1MAR	۹۳/۹۲	۱۸۳/۵
۸	Anza/3/Pi//Nar/Hys/4/Sefid /5/Un known /6/Un known-1//Pf 82200/Sardari IRBW 05- 148-0MAR-0MAR-0MAR-7MAR-1MAR	۹۳/۰۸	۱۸۵
۹	NGDA146/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA/5/F130L1.12 /6/Khazar/3/Jcam/Emu"s"//Dove" /7/Sardari/4/885K4.1//MNG/SDV1/3/1D13.1/MLT IRBW 05- 012-OMAR-0SHI-OMAR-3MAR-2MAR	۹۳/۳۳	۱۸۲/۵
۱۰	1004 Gene Bank Material/Desconsido-1 /3/Fengkang15/Sefid//Zagros IRBW 05- 114-0MAR-0MAR-0MAR-1MAR-3MAR	۹۴/۵۰	۱۸۲/۷۵
۱۱	Fengkang15/Sefid/4/Dari-16/3/Hd2172/Bloudau//Azadi /5/10 GHAZAGESTAN 98-99/Zagros IRBW 05- 099-OMAR-0SHI-OMAR-2MAR-1MAR	۹۹/۱۷	۱۸۴/۲۵
۱۲	Fengkang15/Sefid/4/Dari-16/3/Hd2172/Bloudau//Azadi /5/10 GHAZAGESTAN 98-99/Zagros IRBW 05- 099-OMAR-0SHI-OMAR-5MAR-2MAR	۹۶/۵۰	۱۸۳/۵
۱۳	Gahar/4/Trakia//Maga"s"74/Mon"s"/3/Shahi/5/Gahar//MOMCHIL/KATYA1 IRBW 05- 201-0MAR-0MAR-0MAR-3MAR-2MAR	۸۴/۵۸	۱۸۴/۷۵
۱۴	ID800994W/VEE//F900K/3/PONY/OPATA/4/4848 Mashad/Tui"s" /5/Un known-2/4/Trakia//Maga"s"74/Mon"s"/3/Shahi IRBW 05- 004-OMAR-0SHI-OMAR-1MAR-1MAR	۹۶/۰۰	۱۸۴/۲۵
۱۵	Azar2/82 (CB-R5)/8/Sabalan/6/Shahi/Kvz/5/Shahi/4/Kal//B/Cj/3/#Horks /7/Unknown-3 IRBW 05- 151-0MAR-0MAR-0MAR-1MAR-1MAR	۹۰/۵۸	۱۸۳/۷۵
۱۶	CH94878/BLOYKA/3/TX81V6614//SERI*3/BUC ICWH99-0468-0AP-2AP-2AP-0AP-1AP-0AP	۸۶/۱۷	۱۸۳/۷۵
۱۷	RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/TAM200/KAUZ/5/BWD TCI012234-030YE-30E-3E-0E-1E-0E	۸۷/۵۰	۱۸۴
۱۸	DYBR198283/842ABVD.C50/4/PJ/HN4//GLL/3/SERI TCI011056	۷۴/۵۰	۱۸۳
۱۹	SARDARI MORPHOTYPE/CAMPION//SOYER TCI032500 -0E-0E-0YA-0E -9E -0E	۸۸/۱۷	۱۸۳
۲۰	MR Population-14	۸۶/۵۰	۱۸۳
۲۱	Vorona/Parus//Hatusha/3/Lut112/4/Pehl//Rpb8-68//Chrc	۶۹/۵۰	۱۸۴/۲۵
۲۲	ERYT783-96/SHARK-1 TCI-001409030YE-030YE-2E-0E-5AP-0AP	۷۰/۴۲	۱۸۰/۷۵
۲۳	ANA96/3/RSK/CA8055//CHAM6 TCI 001093-030YE-030YE-7E -0E	۶۹/۷۵	۱۸۴/۷۵
۲۴	SABALAN/ALTAY	۸۷/۵۸	۱۸۲/۵

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های گندم دیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		طول سنبله	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه
بلوک	۳	۲/۶۳۴**	۲/۷۲۵*	۰/۰۸۲۸	۱۱/۸۲	۱۸/۱۸۱
ژنوتیپ	۲۳	۱۱/۴۴۶**	۲۴/۷۷۹**	۰/۸۲۰**	۳۹۷/۱۰**	۲۰۴/۴۷۸**
خطای اصلی	۶۹	۰/۹۱۶**	۲/۰۲۰**	۰/۱۳۶**	۳۸/۱۰**	۱۴/۳۴۸**
محدودیت فتوسنتزی	۴	۰/۷۹۹	۲/۷۲۰*	۲/۱۵۴**	۶۵/۳۰**	۸۹۸/۱۳۶**
ژنوتیپ×محدودیت فتوسنتزی	۹۲	۰/۳۱۹	۰/۸۹۲	۰/۰۵۶۲	۱۶/۴۱	۹/۳۹۳
خطای فرعی	۲۸۸	۰/۳۵۰	۰/۹۷۵	۰/۰۷۰	۲۰/۹۶	۸/۳۶۸
CV (%)		۶/۵	۶/۵	۱۵/۲	۱۳/۹	۷/۶

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد.

جدول ۴- میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌های گندم دیم در حالت بدون محدودیت فتوسنتزی

ژنوتیپ	طول سنبله (سانتی-متر)	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
۱	۸/۳۵	۱۳/۲۰	۱/۷۳	۳۰/۷۰	۴۰/۹۷
۲	۸/۴۵	۱۱/۸۰	۱/۱۷	۱۹/۹۰	۴۲/۰۷
۳	۸/۹۲	۱۴/۱۰	۱/۸۴	۳۱/۰۵	۴۱/۲۱
۴	۸/۸۷	۱۴/۴۰	۲/۱۳	۳۷/۱۵	۴۰/۷۵
۵	۹/۶۷	۱۵/۶۰	۱/۸۶	۳۹/۴۰	۳۴/۵۶
۶	۹/۶۲	۱۶/۵۵	۱/۸۱	۳۳/۶۰	۴۰/۵۶
۷	۹/۲۲	۱۴/۴۵	۱/۶۵	۲۶/۳۰	۴۴/۱۳
۸	۹/۲۲	۱۴/۶۰	۱/۷۴	۲۸/۲۰	۴۵/۲۲
۹	۸/۶۵	۱۴/۹۵	۱/۹۶	۳۲/۹۵	۴۱/۷۶
۱۰	۸/۵۵	۱۳/۹۵	۱/۹۶	۳۳/۱۵	۴۳/۲۵
۱۱	۸/۴۰	۱۵/۰۰	۱/۶۳	۲۷/۹۵	۴۲/۷۲
۱۲	۱۱/۱۷	۱۵/۶۵	۲/۰۷	۳۵/۱۰	۴۲/۸۳
۱۳	۸/۱۵	۱۵/۰۰	۱/۸۷	۳۲/۴۵	۴۰/۷۲
۱۴	۱۰/۰۰	۱۵/۷۵	۲/۳۴	۳۹/۴۰	۴۲/۸۸
۱۵	۸/۲۵	۱۴/۱۵	۱/۶۷	۳۳/۰۰	۳۶/۹۳
۱۶	۹/۱۵	۱۶/۶۵	۱/۷۴	۳۴/۴۵	۳۷/۱۷
۱۷	۱۰/۲۰	۱۷/۳۵	۲/۲۹	۴۰/۵۰	۴۰/۷۹
۱۸	۸/۸۰	۱۷/۲۵	۲/۱۶	۴۰/۲۰	۳۸/۳۸
۱۹	۹/۳۲	۱۴/۲۵	۱/۸۰	۲۸/۷۰	۴۵/۴۵
۲۰	۸/۴۰	۱۴/۱۵	۱/۸۰	۲۸/۹۰	۴۳/۹۱
۲۱	۷/۴۷	۱۵/۷۵	۲/۲۳	۳۵/۱۰	۴۳/۱۸
۲۲	۱۰/۴۲	۱۷/۰۰	۲/۱۳	۴۱/۳۰	۳۶/۱۰
۲۳	۹/۳۷	۱۷/۰۰	۲/۳۳	۴۶/۶۵	۳۷/۲۸
۲۴	۹/۵۷	۱۶/۳۰	۲/۰۶	۳۷/۱	۴۱/۲۱
میانگین	۹/۰۹	۱۵/۲۰	۱/۹۱	۳۳/۸۸	۴۱/۰۰
LSD	۰/۹۹	۱/۵۸۶	۰/۴۲	۷/۱۷۵	۴/۵

جدول ۵- میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌های گندم دیم در حالت حذف ریشک

ژنوتیپ	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
۱	۸/۶۲	۱۳/۸۳	۱/۸۰	۳۳/۵۸	۳۹/۱۳
۲	۸/۷۹	۱۳/۲۷	۱/۲۷	۲۳/۱۲	۴۱/۳۲
۳	۹/۷۴	۱۵/۷۵	۱/۹۰	۳۴/۶۳	۳۷/۹۲
۴	۹/۲۷	۱۴/۳۵۲	۱/۷۲	۳۰/۸۱	۳۸/۸۶
۵	۹/۱۷	۱۴/۵۴	۱/۶۰	۳۳/۴۱	۳۳/۱۰
۶	۹/۸۳	۱۶/۱۶	۱/۶۴	۳۱/۴۳	۴۰/۰۸
۷	۱۰/۴۱	۱۶/۳۰	۱/۶۹	۲۹/۵۵	۴۱/۶۳
۸	۹/۴۲	۱۴/۷۴	۱/۶۷	۲۸/۷۷	۴۳/۲۹
۹	۸/۶۵	۱۴/۸۷	۱/۷۳	۳۱/۰۰	۳۹/۸۵
۱۰	۸/۶۶	۱۴/۰۸	۱/۸۱	۳۴/۰۶	۳۸/۹۵
۱۱	۸/۷۷	۱۵/۲۲	۱/۶۰	۲۹/۳۳	۴۱/۸۰
۱۲	۱۰/۷۷	۱۵/۵۲	۱/۹۴	۳۳/۰۳	۴۳/۵۳
۱۳	۸/۵۶	۱۵/۴۶	۱/۷۲	۳۲/۳۵	۳۸/۷۶
۱۴	۹/۷۹	۱۵/۳۳	۲/۰۴	۳۶/۸۱	۴۱/۷۸
۱۵	۸/۲۵	۱۴/۳۵	۱/۵۲	۳۰/۷۵	۳۶/۵۰
۱۶	۸/۴۷	۱۵/۹۷	۱/۵۱	۳۱/۶۴	۳۶/۵۹
۱۷	۱۰/۰۵	۱۶/۹۱	۱/۹۶	۳۵/۲۹	۴۰/۹۶
۱۸	۸/۵۸	۱۶/۵۸	۱/۷۸	۳۶/۳۹	۳۶/۰۵
۱۹	۹/۳۶	۱۴/۶۹	۱/۸۴	۲۹/۵۵	۴۳/۱۹
۲۰	۸/۲۸	۱۳/۹۷	۱/۶۰	۲۶/۵۲	۴۳/۳۳
۲۱	۷/۷۸	۱۵/۶۳	۱/۸۹	۳۲/۴۲	۴۱/۷۳
۲۲	۹/۷۶	۱۶/۵۰	۱/۸۷	۳۸/۹۳	۳۵/۴۲
۲۳	۸/۸۷	۱۵/۹۷	۱/۸۳	۴۰/۳۱	۳۴/۵۶
۲۴	۹/۴۱	۱۵/۹۷	۱/۸۷	۳۴/۸۷	۳۹/۷۴
میانگین	۹/۱۲	۱۵/۲۴	۱/۷۴	۳۲/۴۷	۳۹/۴۸
LSD	۰/۹۹	۱/۵۸۶	۰/۴۲	۷/۱۷۵	۴/۵

در این صفت محدودیت تابش و ریشک بیشترین تأثیر را بر کاهش تعداد دانه در سنبله نشان می‌دهند. وجود و یا عدم وجود ریشک و سایر عوامل محیطی همانند شدت نور در عملکرد گندم تأثیر بسزایی دارد (Teich, 1982). نهایتاً در صفت وزن هزار دانه بین اکثر محدودیت‌ها اختلاف معنی‌داری دیده می‌شود که در حالت شاهد بیشترین مقدار وزن هزار دانه و در حالت حذف تابش کمترین آن وجود دارد (شکل ۵). در این آزمایش اکثر محدودیت‌ها بر کاهش وزن

هزار دانه تأثیر گذاشتند ولی حذف تابش به علت مهمترین فاکتور در فتوسنتز، بیشترین تأثیر را دارد. نور و دی‌اکسیدکربن و دمای مناسب از عوامل ضروری برای فتوسنتز می‌باشند. فتوسنتز به دلیل جذب دی‌اکسیدکربن باعث افزایش ماده خشک گیاه می‌گردد.

جدول ۶- میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌های گندم دیم در حالت حذف برگ پرچم

ژنوتیپ	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
۱	۸/۶۸	۱۳/۵۶	۱/۸۲	۳۱/۷۵	۴۳/۱۲
۲	۷/۹۵۶	۱۱/۸۰	۱/۱۹	۲۰/۰۶	۴۴/۰۹
۳	۹/۶۹	۱۵/۵۶	۲/۰۹	۳۵/۳۱	۴۱/۱۸
۴	۸/۳۸	۱۳/۵۸	۱/۶۵	۳۰/۴۶	۳۸/۸۰
۵	۸/۹۷	۱۴/۷۰	۱/۷۰	۳۵/۳۷	۳۵/۸۶
۶	۹/۸۶	۱۶/۴۷	۲/۰۲	۳۶/۰۰	۴۲/۳۹
۷	۹/۶۸	۱۴/۷۰	۱/۶۳	۲۶/۸۱	۴۲/۹۴
۸	۹/۰۵	۱۴/۴۳	۱/۷۳	۲۸/۰۸	۴۴/۶۵
۹	۸/۵۰	۱۵/۰۹	۱/۷۶	۳۲/۲۵	۳۸/۸۱
۱۰	۸/۴۰	۱۴/۱۶	۱/۸۵	۳۳/۹۵	۴۰/۲۸
۱۱	۸/۸۴	۱۵/۵۴	۱/۹۶	۳۲/۲۷	۴۵/۳۱
۱۲	۱۰/۱۴	۱۴/۵۲	۱/۷۹	۳۲/۳۶	۴۱/۴۷
۱۳	۸/۳۵	۱۵/۱۰	۱/۷۹	۳۱/۵۹	۳۹/۵۲
۱۴	۱۰/۳۳	۱۶/۱۶	۲/۵۵	۴۲/۲۹	۴۴/۱۸
۱۵	۷/۹۹	۱۳/۳۶	۱/۴۲	۲۹/۴۰	۳۵/۲۸
۱۶	۸/۸۵	۱۶/۴۲	۱/۶۴	۳۵/۰۳	۳۴/۱۶
۱۷	۹/۷۱	۱۶/۵۵	۱/۹۸	۳۵/۸۷	۳۸/۷۴
۱۸	۸/۹۰	۱۵/۲۶	۱/۷۹	۳۵/۳۶	۳۵/۴۲
۱۹	۹/۶۰	۱۴/۹۰	۱/۹۲	۳۱/۲۸	۴۳/۷۲
۲۰	۸/۴۷	۱۴/۴۳	۱/۸۲	۲۹/۱۶	۴۴/۵۲
۲۱	۶/۶۱	۱۴/۰۸	۱/۸۰	۲۲/۳۰	۴۱/۶۶
۲۲	۹/۷۵	۱۶/۱۸	۱/۷۷	۳۵/۹۵	۳۴/۰۹
۲۳	۹/۰۵	۱۵/۶۷	۱/۹۳	۳۸/۹۰	۳۵/۷۷
۲۴	۹/۳۷	۱۵/۹۶	۱/۹۵	۳۵/۱۲	۴۰/۸۳
میانگین	۸/۹۶	۱۴/۹۲	۱/۸۲	۳۲/۳۷	۴۰/۲۷
LSD	۰/۹۹	۱/۵۸۶	۰/۴۲	۷/۱۷۵	۴/۵

عوامل محیطی مثل نور، دی‌اکسیدکربن، درجه حرارت از طریق تأثیر بر واکنش‌های نوری بر مقدار فتوسنتز برگ اثر می‌گذارند. کارایی گیاه از نظر تخصیص مواد فتوسنتزی بین بخش‌های مختلف تأثیر به سزایی در عملکرد دارد. عملکرد کل ماده خشک گیاهان زراعی نتیجه تبدیل دی

اکسید کربن به قند و تبدیل قند حاصل به سایر بیومولکول‌ها در فرآیندهای متابولیسمی می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۹۰). در گندم، فتوسنتز برگ پرچم و سنبله که نزدیکترین مبدأها به دانه هستند بخش عمده‌ای از وزن دانه را تأمین می‌نمایند. در این گیاه برگ‌های پایینی نیاز قسمت‌های تحتانی ساقه و همچنین ریشه را تأمین می‌نمایند. قدرت یک مقصد مانند دانه و دسترسی دانه به مبدأ، بر توزیع مواد فتوسنتزی اثر می‌گذارد.

جدول ۷- میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌های گندم دیم در حالت حذف تمام برگ‌ها

ژنوتیپ	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
۱	۸/۷۳	۱۳/۸۷	۱/۶۸	۳۲/۶۲	۳۶/۷۹
۲	۸/۶۶	۱۲/۲۵	۱/۱۷	۲۴/۵۸	۳۷/۱۵
۳	۹/۹۰	۱۶/۳۱	۲/۰۱	۳۶/۱۲	۳۸/۸۷
۴	۸/۳۱	۱۳/۰۶	۱/۵۳	۲۹/۳۵	۳۷/۷۶
۵	۹/۳۲	۱۵/۵۷	۱/۶۶	۳۷/۴۳	۳۲/۰۰۴
۶	۱۰/۱۱	۱۶/۸۰	۱/۷۹	۳۴/۴۵	۳۷/۹۳
۷	۱۰/۵۰	۱۶/۱۹	۱/۸۵	۳۱/۸۰	۴۱/۶۶
۸	۹/۳۷	۱۵/۱۷	۱/۶۸	۳۰/۰۷	۴۰/۵۷
۹	۸/۸۳	۱۵/۳۶	۱/۸۰	۳۲/۴۸	۳۹/۲۱
۱۰	۹/۰۴	۱۴/۷۹	۱/۸۸	۳۵/۲۷	۳۸/۸۷
۱۱	۸/۹۳	۱۵/۷۵	۱/۷۱	۳۱/۰۸	۳۹/۰۰۰۷
۱۲	۱۱/۵۷	۱۵/۹۳	۱/۹۷	۳۷/۹۱	۳۸/۰۰۵
۱۳	۸/۴۷	۱۵/۷۰	۱/۸۰	۳۳/۰۴	۳۸/۲۱
۱۴	۱۰/۱۳	۱۵/۹۲	۲/۲۷	۳۹/۷۰	۴۱/۲۲
۱۵	۸/۱۶	۱۳/۸۳	۱/۳۵	۳۰/۸۳	۳۱/۳۹
۱۶	۹/۳۰	۱۶/۶۶	۱/۵۹	۳۷/۲۷	۳۱/۲۲
۱۷	۹/۸۳	۱۶/۵۵	۱/۸۴	۳۶/۰۳	۳۵/۶۵
۱۸	۸/۶۵	۱۶/۹۱	۱/۸۸	۳۹/۲۷	۳۳/۹۳
۱۹	۹/۷۳	۱۴/۹۲	۱/۸۳	۳۱/۴۷	۴۰/۹۷
۲۰	۸/۴۶	۱۴/۲۲	۱/۶۷	۲۷/۳۱۶	۴۳/۳۲
۲۱	۷/۲۵	۱۵/۸۲	۱/۸۳	۲۶/۴۹	۳۶/۷۳
۲۲	۹/۹۶	۱۶/۵۸	۱/۸۵	۴۰/۹۳	۳۰/۳۳
۲۳	۸/۸۲	۱۵/۲۰	۱/۷۷	۳۹/۴۷	۳۲/۶۹
۲۴	۹/۳۶	۱۶/۲۰	۱/۷۲	۳۴/۶۸	۳۷/۵۱
میانگین	۹/۲۰	۱۵/۴۲	۱/۷۶	۳۳/۷۹	۳۷/۱۲
LSD	۰/۹۹	۱/۵۸۶	۰/۴۲	۷/۱۷۵	۴/۵

اگر برگ‌های بالایی غلات برداشته شوند برگ‌های پایینی، مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه را تأمین خواهند کرد. اگر برگ‌های پایینی گیاه قطع شوند، برگ پرچم، مواد فتوسنتزی خود را به ریشه‌ها منتقل خواهد کرد. انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به منظور پر کردن دانه‌ها اهمیت زیادی

دارد. اگرچه این فرآیند یک جز مهم عملکرد دانه است، اما فتوسنتزی که در طول دوره پر شدن دانه‌ها انجام می‌گیرد معمولاً مهمترین منبع تشکیل‌دهنده وزن دانه و عملکرد می‌باشد (Alam *et al.*, 2008). علت این امر، آن است که اغلب مواد فتوسنتزی قبل از پر شدن دانه در رشد رویشی یا گلدهی مورد استفاده می‌گیرد در حالی که در طول پر شدن دانه اغلب مواد فتوسنتزی به فرآیند پر شدن دانه اختصاص می‌یابد. بر اساس تحقیقات انجام شده، ریشک‌ها در سرعت فتوسنتز سنبله‌ها نقش اساسی دارند. در محیط‌های خشک و نیمه خشک، ژنوتیپ‌های ریشک‌دار نسبت به ژنوتیپ‌های بدون ریشک، عملکرد بیشتری دارند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۹۰).

جدول ۸- میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌های گندم دیم در حالت حذف تابش

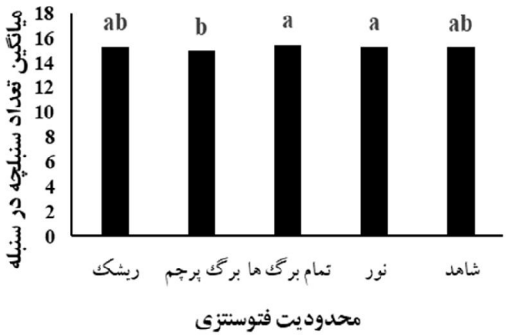
ژنوتیپ	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
۱	۸/۲۹	۱۳/۲۷	۱/۳۳	۲۹/۰۴	۳۱/۸۱
۲	۸/۷۷	۱۲/۵۲	۰/۹۹	۲۱/۴۰	۳۱/۰۷
۳	۹/۳۷	۱۵/۳۴	۱/۷۸	۳۳/۱۶	۳۸/۴۷
۴	۸/۸۰	۱۴/۸۷	۱/۷۷	۳۳/۹۷	۳۵/۲۴
۵	۹/۵۷	۱۵/۵۹	۱/۵۰	۳۶/۹۵	۲۷/۷۹
۶	۹/۹۰	۱۶/۹۲	۱/۶۱	۳۵/۳۸	۳۱/۸۴
۷	۹/۲۵	۱۴/۵۸	۱/۲۴	۲۳/۳۶	۳۵/۰۷
۸	۹/۲۳	۱۴/۳۸	۱/۳۸	۲۷/۷۶	۳۴/۸۷
۹	۸/۲۰	۱۴/۴۹	۱/۳۲	۲۸/۰۵	۳۳/۵۴
۱۰	۸/۶۰	۱۴/۲۰	۱/۴۸	۳۲/۷۹	۳۱/۰۹
۱۱	۸/۷۰	۱۵/۶۴	۱/۳۵	۲۶/۶۱	۳۶/۵۹
۱۲	۱۰/۲۷	۱۵/۱۹	۱/۴۷	۲۹/۶۴	۳۴/۷۳
۱۳	۸/۵۹	۱۵/۶۰	۱/۵۱	۳۱/۵۵	۳۵/۳۷
۱۴	۱۰/۲۵	۱۶/۱۴	۱/۹۷	۳۷/۶۲	۳۷/۴۶
۱۵	۸/۱۱	۱۴/۰۸	۱/۰۹	۲۹/۱۸	۲۵/۴۲
۱۶	۹/۱۹	۱۶/۱۸	۱/۳۵	۳۲/۷۵	۲۹/۹۶
۱۷	۱۰/۰۳	۱۷/۳۵	۱/۶۹	۳۷/۰۴	۳۱/۲۵
۱۸	۸/۶۵	۱۶/۴۴	۱/۶۶	۳۹/۴۰	۳۰/۳۹
۱۹	۹/۶۹	۱۴/۸۴	۱/۵۸	۲۹/۸۵	۳۷/۱۶
۲۰	۸/۴۵	۱۴/۲۷	۱/۶۳	۲۷/۳۹	۴۳/۷۶
۲۱	۷/۷۴	۱۵/۶۸	۱/۶۶	۳۰/۷۲	۳۸/۲۴
۲۲	۹/۹۲	۱۷/۱۵	۱/۷۵	۴۲/۰۳	۲۸/۷۲
۲۳	۸/۸۸	۱۵/۸۵	۱/۵۵	۴۰/۸۱	۲۸/۰۲
۲۴	۹/۱۸	۱۵/۷۵	۱/۵۲	۳۱/۹۳	۳۵/۳۶
میانگین	۹/۰۷	۱۵/۲۶	۱/۵۱	۳۲/۰۲	۳۳/۴۷
LSD	۰/۹۹	۱/۵۸۶	۰/۴۲	۷/۱۷۵	۴/۵

جدول ۹- میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای محدودیت‌های فتوسنتزی

محدودیت فتوسنتزی	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله (گرم)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
ریشک	۹/۱۲ ab	۱۵/۲۴ ab	۱/۷۴ c	۳۲/۴۷ b	۳۹/۴۸ b
برگ پرچم	۸/۹۶ b	۱۴/۹۲ b	۱/۸۲ b	۳۲/۷۱ ab	۴۰/۲۷ ab
تمام برگ‌ها	۹/۲۰ a	۱۵/۴۲ a	۱/۷۶ c	۳۳/۷۹ ab	۳۷/۱۲ c
تابش	۹/۰۷ ab	۱۵/۲۶ a	۱/۵۱ d	۳۲/۰۲ b	۳۳/۴۷ d
شاهد	۹/۰۹ ab	۱۵/۲۰ ab	۱/۹۱ a	۳۳/۸۸ a	۴۱/۰۰۶ a
کل	۹/۰۹	۱۵/۲۱	۱/۷۵	۳۲/۹۷	۳۸/۲۷۲

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری ندارند.

شکل ۱- میانگین طول سنبله در حالت‌های محدودیت‌های فتوسنتزی و شاهد



شکل ۲- میانگین تعداد سنبلک در سنبله در حالت‌های محدودیت‌های فتوسنتزی و شاهد

شکل ۳- میانگین وزن سنبله در حالت‌های محدودیت‌های فتوسنتزی و شاهد

شکل ۴- میانگین تعداد دانه در سنبله در حالت‌های محدودیت‌های فتوسنتزی و شاهد

شکل ۵- میانگین وزن هزار دانه در حالت‌های محدودیت‌های فتوسنتزی و شاهد

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری ندارند.

همبستگی صفات مورد اندازه‌گیری: بین صفت طول سنبله با صفات تعداد سنبلک در سنبله و وزن سنبله، همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت. همچنین بین تعداد سنبلک در سنبله با صفات وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله و بین وزن سنبله با صفت تعداد دانه در سنبله نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار دیده شد (جدول ۱۰). بین تعداد دانه در سنبله با وزن هزار دانه نیز، رابطه معنی‌دار و منفی وجود دارد. در مطالعات پیشین هم بین وزن هزار دانه با تعداد دانه در سنبله (داوری و فاضلی نسب، ۱۳۹۵؛ نیستانی و همکاران، ۱۳۹۵) همبستگی معنی‌داری مشاهده شده است. بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه در شرایط عادی، همبستگی معنی‌دار مثبتی گزارش شده است (Aliu and Fetahu, 2010). در آزمایشی که بر روی گندم انجام شد، عمرانی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که عملکرد دانه با صفت ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

خیری و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی که روی ارقام گندم نان انجام دادند به این نتیجه رسیدند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و شاخص برداشت با عملکرد دانه وجود داشت. آی‌چیچک و ییلدریم (۲۰۰۶) گزارش کردند که بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد سنبلک در سنبله و عملکرد بیولوژیک همبستگی معنی‌دار مثبتی وجود دارد. در گندم بین عملکرد دانه و طول مدت فتوسنتز برگ پرچم، همبستگی مثبت گزارش شده است (Kichey *et al.*, 2007; Gaju *et al.*, 2011). ابراهیم‌نژاد و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که بین عملکرد دانه یا صفات تعداد سنبلک در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، مثبت معنی‌داری مشاهده شده است. کرامتی دانه و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که بین تعداد طول سنبله و تعداد سنبلک در سنبله همبستگی در سنبله و متوسط وزن تک دانه با عملکرد دانه در ساقه اصلی، همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. بر اساس گزارش ابراهیم‌نژ اد و همکاران (۱۳۹۵) در گندم، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه وجود دارد. اکویاما و

همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در گندم عملکرد دانه با بیوماس و تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبتی دارند و تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه آثار مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه داشتند.

جدول ۱۰- همبستگی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های گندم دیم

متغیر	طول سنبله	تعداد سنبلک در سنبله	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه
طول سنبله	۱	۰/۴۶۴*	۰/۴۰۵*	۰/۳۸۰	۰/۰۴۳
تعداد سنبلک در سنبله		۱	۰/۶۳۸**	۰/۷۴۱**	-۰/۲۹۰
وزن سنبله			۱	۰/۷۳۶**	۰/۱۲۵
تعداد دانه در سنبله				۱	-۰/۵۵۲**
وزن هزار دانه					۱

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد.

تجزیه به مولفه‌های اصلی برای هر کدام از محدودیت‌های فتوسنتزی: با توجه به جداول ۱۱ و ۱۲ به طور کلی تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان می‌دهد در صورت ایجاد محدودیت، صفات در دو مولفه جداگانه قرار می‌گیرند که مولفه اول نمایانگر تعداد دانه در سنبله و مولفه دوم نمایانگر وزن هزار دانه است. این در حالی است که در شرایط شاهد، تمامی صفات در درون یک مولفه قرار می‌گیرند که دوباره صفت تعداد دانه در سنبله موثرترین صفت ارزیابی می‌شود. نکته قابل تأمل این که هنگامی که محدودیت بسیار شدیدی یعنی محدودیت دریافت تابش اعمال می‌گردد در مولفه دوم که مربوط به وزن هزار دانه است تأثیر این مولفه بیشتر می‌شود. از طرف دیگر با مقایسه ضرایب وزن هزار دانه در مولفه دوم بین محدودیت‌ها، این صفت بالاترین ضریب را به خود اختصاص می‌دهد.

جدول ۱۱- نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی برای ۲۴ ژنوتیپ گندم در محدودیت‌های فتوسنتزی

محدودیت فتوسنتزی	مولفه	مقادیر ویژه اولیه		
		درصد تجمعی	درصد واریانس	کل
شاهد	۱	۶۲/۶۹۹	۶۲/۶۹۹	۳/۱۳۵
	۲	-	-	-
حذف ریشک	۱	۴۹/۸۴۴	۴۹/۸۴۴	۲/۴۹۲
	۲	۷۸	۲۸/۱۵۶	۱/۴۰۸
حذف برگ پرچم	۱	۶۰/۳۷۱	۶۰/۳۷۱	۳/۰۱۹
	۲	۸۴/۹۳۳	۲۴/۵۶۲	۱/۲۲۸
حذف تمام برگ‌ها	۱	۵۴/۳۴۲	۵۴/۳۴۲	۲/۷۱۷
	۲	۸۱/۳۳۶	۲۶/۹۹۴	۱/۳۵۰
حذف نور	۱	۵۴/۸۲۲	۵۴/۸۲۲	۲/۷۴۱
	۲	۸۰/۴۴۸	۲۵/۶۲۶	۱/۲۸۱

جدول ۱۲- ضرایب صفات مورد بررسی در مولفه‌های حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی در محدودیت‌های فتوسنتزی

صفت	محدودیت فتوسنتزی									
	شاهد		حذف ریشک		برگ پرچم		حذف تمام برگ‌ها		حذف تابش	
	مولفه		مولفه		مولفه		مولفه		مولفه	
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
طول سنبله	۰/۵۸۸	-	۰/۵۱۷	۰/۶۳۷	۰/۷۹۷	۰/۲۰۰	۰/۷۲۸	۰/۲۶۴	/۶۵۵	۰/۰۳۶
تعداد سنبلک درسنبله	۰/۹۰۵	-	۰/۸۱۱	۰/۰۴۰	۰/۸۹۷	-۰/۱۴۲	۰/۸۵۸	-۰/۰۹۶	/۹۰۰	۰/۰۶۸
وزن سنبله	۰/۸۴۴	-	۰/۸۱۶	۰/۲۷۶	۰/۸۳۳	۰/۳۸۸	۰/۸۳۳	۰/۳۷۶	/۸۳۵	۰/۴۵۴
تعداد دانه در سنبله	۰/۹۶۶	-	۰/۹۰۱	-۰/۳۵۵	۰/۹۲۸	-۰/۲۵۵	۰/۸۶۶	-۰/۳۹۲	/۸۹۳	۰/۲۹۱
وزن هزار دانه	-۰/۵۶۹	-	-۰/۲۹۹	۰/۸۹۳	-۰/۱۴۹	۰/۹۸۳	-۰/۰۸۵	۰/۹۸۸	/۰۸۳	۰/۹۹۲

نتیجه گیری

بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات مورد بررسی و بین محدودیت‌های فتوسنتزی و شاهد از نظر کل صفات به جز صفت طول سنبله، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با توجه تجزیه به مولفه-های اصلی، در صورت ایجاد محدودیت، صفات در دو مولفه جداگانه قرار می‌گیرند که مولفه اول نمایانگر تعداد دانه در سنبله و مولفه دوم نمایانگر وزن هزار دانه است. در حالت کلی چه شاهد و چه محدودیت فتوسنتزی، صفت تعداد دانه در سنبله به عنوان موثرترین صفت، ارزیابی گردید. از طرف دیگر از بین محدودیت‌های فتوسنتزی مورد بررسی، حذف برگ پرچم، بیشترین کاهش را در صفات مرتبط با عملکرد دانه ایفاء کرد.

قدر دانی

بدین‌وسیله از کارکنان موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به‌ویژه آقای دکتر مظفر روستایی به‌خاطر فراهم نمودن مواد گیاهی و کشت آنها تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

ابراهیم‌نژاد، شاهپور، رامئه ولی اله، فلاحی حسین‌علی، مفیدی حسام‌الدین.۱۳۹۵. بررسی ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان در شرایط ارتفاعات مازندران. دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی، علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت، دانشگاه گیلان، ۱-۵.

امام، یحیی. (۱۳۸۶). زراعت غلات. ویراست سوم. انتشارات دانشگاه شیراز.

ایران‌نژاد حمید، شهبازیان نسترن. ۱۳۸۴. زراعت غلات- جلد اول: گندم. انتشارات دانشگاه تهران، کارنو.

تیموری ندا، سعیدی محسن، اقبال قبادی محمد، ساسانی شهریار، رضایی نگین. ۱۳۹۳. نقش فتوسنتز جاری در مرحله پر شدن دانه در شکل گیری عملکرد دانه ارقام مختلف گندم نان در منطقه کرمانشاه. اولین

کنگره بین‌المللی و سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر، کرج، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، ۱-۴.

حیدری نوشین، میرفخرایی سید رضا قلی، عباسی علیرضا. ۱۳۹۵. بررسی روابط همبستگی و تجزیه علیت صفات مورفولوژیک در تعدادی ازژنوتیپ‌های گندم نان تحت تنش سرمای دیررس بهاره، دومین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم وفنون بنیادین، ۱۰-۱.

خیری معصومه، روستایی مظفر، زادحسن اسماعیل، دست‌بری رقیه، اسلامی رسول، خورشیدی‌بنام محمدباقر. ۱۳۹۰. ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های جدید گندم نان به آبیاری تکمیلی از نظر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی. *مجله علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز*، ۲۰: ۵۳-۶۵.

داوری آذر، فاضلی نسب بهمن. ۱۳۹۵. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام گندم بر اساس صفات ریخت شناسی. دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی، علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت، دانشگاه گیلان، ۱-۶.

روستایی مظفر، صادق زاده اهری داوود، حسن پورحسنی مقصود، امیری عارف حق پرست علیرضا، حسامی علی، سلیمانی کاظم، بنی صدر ناصر، پاشاپور هوشنگ، عظیم زاده سیدمرتضی، ترابی محمد، غفاری عبدالعلی، عابدی اصل غلامرضا، نادرمحمودی کوروش. (۱۳۷۹). معرفی رقم جدید گندم نان، آذر ۲. نهال و بذر، ۱۶ (۲): ۲۶۶-۲۶۳.

روستایی مظفر، حسنپور حسنی مقصود، اسماعیل‌زاد حسن، صادق‌زاده داود، صادق‌زاده بهزاد، امیری عارف، اسلامی رسول، رضایی رضا، گلکاری صابر، سلیمانی کاظم، عابدی‌اصل غلامرضا، روحی ابراهیم، پاشاپور هوشنگ، حق‌پرست رضا، آقایی مصطفی، احمدی ملک مسعود، دریایی امیر، افشاری فرزاد ، ترابی محمد، دهقان محمدعلی، مردوخی وفا، هوشیار رحیم، دادرضایی سید طه، عطاحسینی سید محمود. ۱۳۹۳. باران، رقم جدید گندم نان زمستانه برای کاشت در دیمزارهای مناطق سرد و معتدل کشور. نشریه علمی- ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی. ۳ (۴): ۲۴۲-۲۳۳.

عبدلی مجید، سعیدی محسن، جلالی هنرمند سعید، منصوری‌فر سیروس، اقبال قبادی محمد. (۱۳۹۳). ارزیابی تأثیر تنش کم آبی و محدودیت منبع پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ارقام گندم نان، مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۷: ۱۵۴-۱۳۷.

عمرانی سعید، ناجی امیرمحمد، اسماعیل‌زاده مقدم محسن. ۱۳۹۵. بررسی روابط ژنتیکی عملکرد و صفات زراعی در لاین‌های امید بخش گندم نان با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره در منطقه اهواز. دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی، علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت، دانشگاه گیلان، ۱-۵.

کرامتی میثم، جودی مهدی، مهری شهرام. ۱۳۹۵. بررسی رابطه بین تعداد دانه، وزن دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شده در واحد ساقه اصلی و واحد سطح در ارقام زراعی گندم. دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی، علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت، دانشگاه گیلان، ۱-۵.

کوچکی عوض، سرمدنیا غلامحسین. ۱۳۹۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی. چاپ شانزدهم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

هاشمی دزفولی سیدابوالحسن، مرعشی علی اکبر. ۱۳۷۴. تغییرات مواد فتوسنتزی در زمان گلدهی و تاثیر آن بر رشد دانه، عملکرد و اجزای عملکرد گندم. *مجله علوم و صنایع کشاورزی*، ۹ (۳۲): ۱۶-۱.

نادری احمد. ۱۳۷۹. ارزیابی تنوع ژنتیکی و مدل سازی پتانسیل انتقال مجدد اسیمیلات‌ها و نیتروژن به دانه در ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش خشکی. رساله دکتری تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات. ۲۵۴ صفحه.

نیستانی الیاس، مکاریان حسن، عامری علی اکبر، حیدری مصطفی. ۱۳۹۵. تجزیه علیت عملکرد دانه با اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گندم. دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی، علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، رشت، دانشگاه گیلان، ۴-۱.

Abbad H, Jaafari SE, Bort J, Araus J. 2004. Comparison of flag leaf and ear photosynthesis with biomass and grain yield of durum wheat under various water conditions and genotypes. Agronomie EDP Science, 24: 19-28.

Acreche MM, Slafer GA. 2006. Grain weight response to increases in number of grains in wheat in a Mediterranean area. Field Crops Research 98: 52- 59.

Ahmadi A, Joudi M. 2007. Effect of timing and defoliation intensity on growth, yield and gas exchange rate of wheat grown under well-watered and drought conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 21: 3794-3800.

Ahmadi A, Joudi M, Janmohammadi M. 2009. Late defoliation and wheat yield: little evidence of post-anthesis source limitation. Field Crops Research. 113: 90-93.

Alam MS, Rahman AH, Nesa MN, Khan SK, Siddquie NA. 2008. Effect of source and/or sink restriction on the grain yield in wheat. Journal of Applied Sciences Research, 4: 258-261.

Aliu SA, Fetahu S. 2010. Determination on genetic variation for morphological traits and yield components of new winter wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. Notulae Sciences Biology 2: 121-124.

Alvaro F, Royo C, del Moral GLF, Villegas D. 2007. Grain filling and dry matter translocation responses to source–sink modifications in a historical series of durum wheat. Crop Science, 48: 1523-1531.

Aycicek M, Yildirim T. 2006. Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat genotypes. Pakistan Journal of Botany 38: 417-424.

Birsin MA. 2005. Effects of removal of some photosynthetic structures on some yield components in wheat. Tarim Bilimleri dergisi 11: 364-367.

Cruz-aguado JA, Reyes F, Rodes R, Perez I, Dorado M. 1999. Effect of source-to-sink ratio on partitioning of dry matter and 14C-photoassimilates in wheat during grain filling. Annals of Botany 83: 655-665.

Cruz-Aguado JA, Rodes R, Perez IP, Dorado M. 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.

Duwayri M. 1984. Effect of flag leaf and awn removal on grain yield and yield components of wheat grown under dryland conditions. Field Crops Research 8: 307-313.

Fanny A, Julio I, Dolors V, Luis F, Garciadel M, Conxita R. 2008. Breeding effects on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in Mediterranean durum wheat. Agronomy Journal 2: 361-370.

Felekari H, Eghbal Ghobadi M, Ghobadi M, Jalali Honarmand S, Saeidi M. 2014. The effect of post anthesis source and sink limitation in wheat cultivars under moderate condition. International Journal of Biosciences 5: 52-59.

Foulkes MJ, Slafer GA, Davies WJ, Berry PM, Sylvester–Bradley R, Martre P, Calderini DF, Griffiths S, Reynolds M. 2011. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. Journal of Experimental Botany, 69: 469-486.

Fischer RA. 2008. The importance of grain or kernel number in wheat: a reply to Sinclair and Jamieson. Field Crops Research 105: 15–21.

Gaju O, Allard V, Martre P, Snape JW, Heumez E, LeGouis J. 2011. Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. Field Crops Research, 123: 139-152.

Heidari, H. 2015. Source-sink manipulation effect on wheat seed yield and seed germination characteristics, Biharean Biologist Journal, 11: 33-36.

Khaliq I, Irshad A, Ahsan M. 2008. Awns and flag leaf contribution toward grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications 36: 65-76.

Kichey T, Hirel B, Heumez E, Dubois F, Le Gouis J. 2007. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post anthesis nitrogen uptake and remobilization to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. Field Crops Research*, 102:* 22-32.

Li X, Wang H, Li H, Zhang L, Teng N, Lin Q, Wang J, Kuang T, Li Z, Li B, Zhang A., Lin J. 2006. Awns play a dominant role in carbohydrate production during the grain-filling stages in wheat (*Triticum aestivum* L.). Physiologia Plantarum127: 701-709.

Mahmood A, Alam K, Salam A, Iqhbal S. 1991. Effect of flag leaf removal on grain yield, its components and quality of hexaploid wheat. Cereal research communications 19: 305- 310.

Mollasadeghi V, Imani AA, Shahryari R, Khayatnezhad M. 2011. Classifying bread wheat genotypes by multivariable statistical analysis to achieve high yield under after anthesis drought. Middle East Journal of Scientific Research 7: 217-220.

Maydup ML, Antonietta M, Guiamet JJ, Graciano C, Lopez JR, Tambussi EA. 2013. The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat. Field Crops Research, 119: 48-58.

Okuyama LA, Ferizzi LC, Neto JFB. 2004. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. Ciencica Rurar, Santa Maria *34:* 1701-1708.

Olszewski J, Pszczółkowska A, Kulik T, Fordoński G, Płodzien K, Okorski A, Wasielewska J. 2008. Rate of photosynthesis and transpiration of winter wheat leaves and ears under water deficit conditions. Polish Journal of Natural Sciences 23: 326-335.

Patterson FL, Ohm H.W. 1975. Compensating ability of awns in soft red winter wheat. Crop Science, *15:* 403-407.

Reynolds M, Tuberosa R. 2008. Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. Current Opinion in Plant Biology 11: 171-179.

Saghir AR, Khan AR, Worzella WW. 1968. Effects of plant parts on the grain yield, kernel weight and plant height of wheat and barley. Agronomy journal 60: 95-97.

Slafer GA. 2003. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. Annals of Applied Biology 142: 117–128.

Srivalli S, Khanna-Chopra R. 2009. Delayed wheat flag leaf senescence due to removal of spikelets is associated with increased activities of leaf antioxidant enzymes, reduced glutathione/oxidized glutathione ratio and oxidative damage to mitochondrial proteins. Plant Physiology and Biochemistry 47: 663–670.

Teich AH. 1982. Interaction of awns and environment on grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications 10: 11-15.

Whang Y, Xi W, Whang Zh, Wang B, Xu X, Han M, Zhou Sh, Zhang Y. 2016. Contribution of ear photosynthesis to grain yield under rainfed and irrigation conditions for winter wheat cultivates released in the past 30 years in North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture 15:* 2247-2256.

Wang Z, Yin Y, He M, Zhang Y, Lu S, Li Q, Shi S. 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.

Zhu GX, Midmore DJ, Radford B, Yule D. 2004. Effect of timing of defoliation on wheat (*Triticum aestivum*) in central Queensland: 1. Crop response and yield. Field crops research, 88: 211-226.

DOI: 10.22092/IDAJ.2022.353833.326

Evaluation of rain-fed wheat genotypes for photosynthetic contribution of inflorescence and leaves in grain yield related traits

Fariba Ghasemi[1], Alireza Pourmohammad[1*]; Saber Golkari[2], Aliasghar Aliloo[1]

1- *Department of Plant Breeding and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran*
2- *Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran*

Abstract

In order to study of source limitations on traits related with wheat grain yield, an experiment was carried out in split plot design based on RCBD with four replications and 24 genotypes as the main plot factor and source limitation as subplot factor in Research Station of Dryland Agricultural Research Institute (DARI) at 2016-2017. The measured traits were spike length, number of spikelets per spike, spike weight, number of grains per spike and 1000 grains weight. The difference between the compared genotypes was significant in terms of the measured traits. Spike weight had a significant positive correlation with the number of grains per spike. The principal component analysis in control conditions, showed that all traits were placed in one principal component, that number of grains per spike was evaluated as the most effective trait. While, principal component analysis in source limitation conditions indicated that the traits are placed in two principal components, the first principal component represents the number of grains per spike and the second component represents the 1000 grains weight. Generally, both control and source limitations, the number of grains per spike was evaluated as the most effective trait. On the other hand, among the source limitations studied, flag leaf removal had the highest decrease in grain yield related traits.

Key words: Awn, Flag leaf, Principal Components Analysis

* Corresponding author: *pourmohammad@ymail.com* Submit date: 2021/11/07 Accept date: 2022/07/25