"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٦

ارزیابی عملکرد دانه و روابط بین صفات لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان (*Triticum aestivum* L.) حاصل از تلاقی SeriM82/Babax در شرایط تنش خشکی

Evaluation of grain yield of recombinant inbred lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) derived from SeriM82/Babax cross under drought stress conditions

سیدمحمد تقی طباطبایی[۱]، محمود سلوکی[۲]، براتعلی فاخری[۳]، محسن اسماعیل زاده مقدم[۴] و نفیسه مهدی نژاد[۵]

چکیده

طباطبایی، س. م. ت.، م. سلوکی، ب. فاخری، م. اسماعیل زاده مقدم و ن. مهدی نژاد. ۱۳۹٦. ارزیابی عملکرد و صفات لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان (*Triticum aestivum* L.) حاصل از تلاقی SeriM82/Babax در شرایط تنش خشکی . **مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(٤): ۲۸۳-۲۷۰.**

به‌منظور مقایسه پتانسیل عملکرد دانه لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان حاصل از تلاقی (SeriM82/Babax) در شرایط تنش خشکی و بررسی روابط عملکرد دانه با سایر صفات مرتبط جهت گزینش غیرمستقیم ژنوتیپ‌های برتر برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی، ١٦٧ لاین خالص نوترکیب گندم نان به همراه والدین آن‌ها در قالب طرح آلفالاتیس در دو تکرار در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتیجه حاصل از تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. تنوع بالای کلیه صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های گندم نشان دهنده توان و ارزش بالای اصلاحی در جمعیت مورد مطالعه بود. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که تعداد روز تا گلدهی در ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی، اثر تعیین کننده‌ای بر عملکرد دانه آن‌ها در شرایط تنش خشکی داشت و به نظر می‌رسد که انتخاب ارقام با طول دوره رشدی کوتاه‌تر، برای تحمل بیشتر به خشکی گزینش مناسب باشد. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه ضرایب مسیر نشان داد که وزن هزار دانه و طول سنبله از صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه هستند که می‌توان از آن‌ها برای گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه استفاده نمود. به‌طورکلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که به‌دلیل وراثت‌پذیری پایین عملکرد دانه، این صفت برای انتخاب رقم برای شرایط تنش خشکی صفت مناسبی نیست و بهتر است از صفات دارای همبستگی بالا با عملکرد مانند تعداد دانه، میانگین وزن دانه و همچنین ویژگی‌های فنولوژیک گیاه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون، تجزیه علیت، تحمل به خشکی، صفات فنولوژیک وگندم نان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۱۰/۰٦ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل و مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: staba1349@gmail.com)

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

۴- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۵- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

مقدمه

تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. برای شناسایی ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، گزینش به هر دو صورت مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود. بنابر گزارش بویر (Boyer, 1982)، تنش خشکی بر اساس شدت تنش و گونه گیاهی ممکن است تا ۷۰ درصد از عملکرد محصول را کاهش دهد. خشک‌سالی یکی از عوامل محدودکننده اصلی عملکرد است که در سراسر دنیا بر تولید یا میزان محصول اثر می‌گذارد (Hussain *et al.*, 2011). ساده‌ترین تعریف برای خشک‌سالی در زمینه کشاورزی عبارتست از در دسترس نبودن آب کافی به مقدار مورد نیاز گیاه برای تداوم رشد و نمو آن در یک دوره زمانی (Deikman *et al.*, 2011). تحمل به خشکی، در واقع توانایی یک گیاه برای زنده ماندن در شرایط محدودیت آب است (Turner, 1989). با این‌حال انتقال تحمل به خشکی در گیاهان زراعی پیچیده است و به علت طبیعت پلی‌ژنیک آن دارای وراثت‌پذیری پایینی بوده و به‌علاوه تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد، به‌همین دلیل یکی از سخت‌ترین چالش‌های پیش‌روی به‌نژادگران محسوب می‌شود (Fleury *et al.*, 2010).

نظر به اینکه بخش زیادی از اراضی زیر کشت گندم کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته و در این مناطق به علت کمبود آب و تنش خشکی، عملکرد گندم کاهش شدید نشان می‌دهد، اصلاح ارقام متحمل به خشکی برای این مناطق از طریق انتخاب (صرفا برای عملکرد دانه) چندان موفقیت‌آمیز نبوده است. بنابراین برای اصلاح ارقام سازگار و برتر، باید صفاتی را که در شرایط کم‌آبی در افزایش عملکرد دانه مؤثر هستند شناسایی نموده و علاوه بر عملکرد دانه از این صفات نیز به‌عنوان معیارهای انتخاب استفاده نمود. تعداد زیادی از معیارهای گزینش (بدون در نظر گرفتن اثر تنش خشکی بر روابط داخلی، مولکولی و فیزیولوژی صفات) به‌صورت کلی و برای شرایط بدون تنش، تعریف شده‌اند و پژوهش‌هایی که در آنها به ارزیابی دقیق میزان تولید محصول، آسیب‌پذیری ژنوتیپ‌ها و روابط بین صفات در شرایط تنش خشکی پرداخته شده و شاخص‌های تحمل بر اساس صفات زراعی موجود در خود گیاه مورد بررسی قرار گرفته باشد، هنوز کمبود وجود دارد (Passioura, 1996).

به‌منظور شناخت ویژگی‌های مؤثر در تحمل خشکی و استفاده از آن‌ها در اصلاح گیاهان، مطالعات زیادی صورت گرفته است. دهقانی و همکاران (Dehghani *et al.*, 2010) گزارش نمودند که همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی تعداد دانه در سنبله با وزن هزار دانه، طول میانگره دوم، طول پدانکل، طول بیرون زدگی پدانکل و ارتفاع بوته نیز منفی و معنی‌دار بود. همبستگی مثبت و بالایی بین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با وزن هزار دانه، روز تا گرده‌افشانی و روز تا ظهور سنبله مشاهده شد. ضریب همبستگی منفی بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نشان‌دهنده این بود که با افزایش تعداد دانه در سنبله از وزن هزار دانه کاسته می‌شود. اسلافر و آروس (Slafer and Araus, 1998) گزارش نمودند که وزن دانه با میزان فتوسنتز جاری، وزن هزار دانه و سرعت و مدت پر شدن دانه در ارتباط است، به‌عبارت‌دیگر طول دوره پرشدن دانه و میزان و سرعت انتقال مواد ذخیره‌شده به دانه و کارآیی فتوسنتز جاری بر این صفت اثر دارند. اختلال در فتوسنتز جاری و جریان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و کاهش طول دوره پرشدن دانه، باعث کاهش وزن دانه‌ها می‌شود. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2001) گزارش دادند که تنش‌های محیطی از جمله کاهش رطوبت خاک در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

دوره پر شدن دانه، به علت ایجاد اختلال در فتوسنتز جاری، از طریق کاهش وزن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه در گندم می‌شوند.

هدف از این تحقیق بررسی روابط بین صفات موثر در تحمل خشکی لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان حاصل از تلاقی SeriM82/Babax بود تا از تنوع ایجاد شده در مطالعات فیزیولوژیک، اصلاح مولکولی و ژنتیک تحمل تنش خشکی استفاده شود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب به همراه والدین SeriM82 و Babax در قالب طرح آزمایشی آلفا لاتیس (۱۳×۱۳) در دو تکرار در شرایط تنش خشکی و بدون تنش طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد (ایستگاه یزد) با ارتفاع ۱۲۳۶ متر از سطح دریا، مورد ارزیابی قرار گرفتند. جمعیت موردمطالعه شامل نسل F10.11 لاین‌های خالص نوترکیب حاصل از تلاقی دو رقم گندم هگزاپلوئید خالص بهاره و نیمه پاکوتاه به نام‌های SeriM82 (نسبتاً حساس به خشکی و تنش‌های محیطی با تاریخچه انتخاب M31 1BWSNS-1 MX196-97) و Babax (متحمل به خشکی و تنش‌های محیطی با تاریخچه CM92066-J-0Y-0M-0Y-4M-0Y-0MEX-48BBB-OY) بود.

هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت با طول ۲/۵ متر با فاصله ۰/۲ متر بود. عملیات زراعی شامل آماده‌سازی زمین، تسطیح، پیاده کردن نقشه آزمایش و کشت بذر لاین‌های مورد بررسی در فصل پاییز انجام شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، ۴۵ کیلوگرم پتاس (از منبع کود سولفات پتاسیم) و ۲۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع کود فسفات آمونیوم) در هکتار به خاک افزوده شد. در طول فصل زراعی نیز در دو نوبت نیتروژن (جمعاً ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) (از منبع کود اوره) به خاک داده شد. مصرف کود سرک و دفع علف‌های هرز در اواسط اسفندماه انجام شد. برای تعیین زمان مناسب آبیاری در طول آزمایش از دستگاه (Time Domain Reflectometry; TDR) استفاده شد و بر حسب میزان رطوبت خاک در ناحیه ریشه گیاهان (در شرایط تنش در زمان ۲۵ درصد رطوبت نسبی خاک و در شرایط بدون تنش در زمان ۵۰ درصد رطوبت نسبی خاک) انجام شد. میزان آب آبیاری برای شرایط بدون تنش و تنش خشکی به ترتیب ۷۵۴۰ و ۵۴۸۰ مترمکعب در هکتار بود. صفات گیاهی اندازگیری شده شامل تعداد روز تا ساقه رفتن، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع (با شمارش تعداد سنبله‌ها در کادر ۰/۲۵ × ۰/۲۵ مترمربع)، وزن هزار دانه، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (پنج بوته در هر کرت) بودند.

تجزیه و تحلیل مرکب داده‌ها بر اساس طرح آلفا لاتیس با استفاده از نرم‌افزار SAS و رویه مدل خطی عمومی (GLM) و مقایسه میانگین‌های صفات کمی با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش REML و تخمین امیدهای ریاضی استفاده شد. آمار توصیفی هر یک از صفات و ضرایب همبستگی ساده بین صفات محاسبه گردید. برای برازش مدل توصیفی بین صفات مورد بررسی و عملکرد دانه از رگرسیون چندگانه خطی با روش گام‌به‌گام استفاده شد. به‌منظور تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مهم مؤثر بر عملکرد دانه، تجزیه علیت عملکرد دانه با صفات مرتبط انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات گیاهی مورد بررسی نشان داد که اثر سال روی روز تا ساقه دهی، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی و وزن هزار دانه اثر معنی‌داری داشت. اثر تنش خشکی به‌جز روز تا

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

رسیدگی فیزیولوژیک، روی سایر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. اثر متقابل سال در تنش نیز به‌جز دو صفت وزن هزار دانه و تعداد سنبله در مترمربع، بر سایر صفات معنی‌دار بود. منابع تغییر شامل سال، تنش و اثر متقابل سال در تنش به دلیل وجود اثرات تصادفی متفاوت در مدل امید ریاضی آن‌ها و در نتیجه برابر نبودن تعداد اثرها و ضرایب مدل، توسط خطاهای جداگانه آزمون شد، در نتیجه نمی‌توان مقدار میانگین مربعات آن‌ها را به‌صورت مستقیم باهم مقایسه کرد و معنی‌داری آن‌ها را سنجید. تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله تفاوت معنی‌داری را در ارتباط با ژنوتیپ‌های گندم نداشتند، درحالی‌که اثر این منبع بر سایر صفات معنی‌دار بود. صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، روز تا ساقه دهی، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی در ارتباط با اثر متقابل سال در ژنوتیپ و صفات وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در ارتباط با اثر متقابل سه‌گانه ژنوتیپ در سال در تنش معنی‌دار و برای سایر صفات معنی‌دار نبودند. همچنین اثر متقابل تنش در ژنوتیپ نیز برای صفات روز تا رسیدگی، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. با توجه به اینکه اثر ژنوتیپ در تنش، اثر ژنوتیپ در سال و اثر ژنوتیپ در سال در تنش روی عملکرد دانه معنی‌دار بود، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های گندم برای هر شرایط باید به‌صورت جداگانه انتخاب شوند و احتمالاً تجزیه و تحلیل روابط بین صفات نیز برای شرایط بدون تنش نمی‌تواند دارای کارایی بالایی برای شرایط تنش باشد.

وجود تنوع ژنتیکی مؤثر در تحمل خشکی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا و درک بهتر سازوکارهای فیزیولوژیک مرتبط با تحمل خشکی در گندم می‌تواند بسیار مفید باشد. عملکرد دانه و اجزای آن نیز به‌عنوان عوامل مهم برای ارزیابی اولیه تحمل به خشکی مورداستفاده قرار می‌گیرند و عملکرد دانه به‌عنوان یک شاخص گزینش مناسب در شرایط تنش خشکی در طی سالیان متمادی به‌طور متناقض مورد شک و تردید بوده است. تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی بالا بین مواد گیاهی مورد ارزیابی و احتمالاً سازوکارهای متفاوت آن‌ها در واکنش به تنش خشکی است که می‌تواند در انتخاب ارقام مناسب و تولید جمعیت‌های در حال تفرق جهت مکان‌یابی ژنی، مورداستفاده قرار گیرد و معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، نشان دهنده اختصاصی عمل کردن ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است.

آماره‌های توصیفی شامل میانگین کل، خطای استاندارد، ضریب تغییرات کل، حداقل و حداکثر و همچنین دامنه داده در دو شرایط بدون تنش و تنش به‌صورت جداگانه محاسبه گردید (جدول ۱) (آماره‌های توصیفی ارائه شده در جدول ۱ صرفاً تغییرات داده‌ها در دو شرایط را نشان می‌دهند). با توجه به این‌که اغلب صفات دارای تنوع کافی بوده و میانگین بالاتری، خصوصا در شرایط بدون تنش (در مقایسه با ارقام والدینی) داشتند، نتیجه گرفته شد که ژنوتیپ‌های تولید شده از تلاقی، دارای پتانسیل اصلاحی (ارزش اصلاحی) بالایی بوده و می‌توان برنامه‌های اصلاحی روی آن‌ها را جهت گزینش ژنوتیپ‌های برتر و یا متحمل، اجرا کرد. به‌عنوان مثال میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش (۱۸۴۳/۹ کیلوگرم در هکتار؛ از لاین حساس کمتر) و در شرایط بدون تنش (۳۹۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار؛ از لاین متحمل بیشتر) بود. این موضوع نشان‌دهنده تنوع بین نتاج لاین‌های خالص نوترکیب گندم می‌باشد. وجود تنوع بالا در بین لاین‌ها از نظر صفت خاص باعث سهولت انتخاب برای اصلاح توسط به نژادگران می‌شود. این تنوع می‌تواند در مطالعات تکمیلی از جمله مطالعات مولکولی و ارزیابی لاین‌ها در مکان‌های بیشتر، کمک فراوانی به شناخت پتانسیل بالقوه آنها بکند. وجود تنوع بالا در بین لاین‌ها می‌تواند باعث تحمل آنها به شرایط نامطلوب محیطی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

جدول ۱- خلاصه آماره‌های توصیفی صفات گیاهی لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان و والدین آنها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 1. Summarized statistics describing plant characteristics of recombinant lines of bread wheat along with parents under normal and drought stress conditions

		Mean میانگین				S.E خطای استاندارد				CV (%) ضریب تغییرات			
Plant characteristics	صفات گیاهی	Babax	SeriM82	تنش	بدون تنش	Babax	SeriM82	تنش	بدون تنش	Babax	SeriM82	تنش	بدون تنش
Grain Yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه	3538	2313	1843.9	3958.3	238	138	43.5	82.7	9.49	8.41	30.63	27.15
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	82	78.15	69.56	86.36	6	5.35	0.579	0.571	10.35	9.68	10.82	8.59
Spike length (cm)	طول سنبله	10.75	9.03	9.6	9.75	0.275	0.25	0.08	0.083	4.31	3.29	10.93	11.32
Spikelet.spike^{-1}	تعداد سنبلچه در سنبله	16.5	14.75	17.1	17.1	0.25	0.5	0.131	0.175	2.4	4.29	9.98	13.28
Grain.spike^{-1}	تعداد دانه در سنبله	52.5	40.63	39.53	44.68	4.13	7.5	0.546	0.681	14.3	20.2	17.9	19.8
1000-Grain weight (g)	وزن هزار دانه	46.6	42.2	41.72	42.33	0.1	1.1	0.197	0.265	0.34	3.3	6.1	8.1
Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک	8950	8163	6082	11547	900	363	134	184	14.7	5.8	28.7	20.7
Spike.m^{-2}	تعداد سنبله در مترمربع	878	864	589.3	1070	70	32	9.7	13.2	11.2	5.2	21.4	16.1
Grain weight.spike^{-1} (g)	وزن دانه در سنبله	2.1	1.9	1.7	2.1	0.15	0.872	0.03	0.03	11.1	58.2	22.5	19.5
Days to stem elongation	تعداد روز تا ساقه دهی	58	56.5	63.1	58.1	1	0.5	0.181	0.131	2.4	1.2	3.7	2.9
Days to flowering	تعداد روز تا گلدهی	93.5	93.5	92.1	95.4	0.5	1.5	0.216	0.222	0.76	2.7	3.1	3.1
Days to maturity	تعداد روز تا رسیدگی	134.5	132	130.4	134.5	1.5	2	0.242	0.274	1.5	2.1	2.4	2.6
Plant characteristics	صفات گیاهی	Mean میانگین				S.E خطای استاندارد				CV (%) ضریب تغییرات			
Grain Yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه	3300	2175	550	1300	3775	2450	4175	6075	475	275	3625	4775
Plant Height (cm)	ارتفاع بوته	76	72.8	47.5	57.5	88	83.5	94.25	108.75	12	10.75	46.75	51.25
Spike Length (cm)	طول سنبله	8.7	10.5	6.8	7	9.3	11	13	12.5	0.55	0.5	6.1	5.5
Spikelet.spike^{-1}	تعداد سنبلچه در سنبله	14.5	16	13	10	15	17	22	23	0.5	1	9	13
Grain.pike^{-1}	تعداد دانه در سنبله	36.5	45	25	22.5	44.7	60	66.5	67.7	8.2	15	41.5	45.2
1000 Grain weight (g)	وزن هزار دانه	42.1	45.5	32.4	33.1	42.3	47.7	50.4	52.9	0.2	2.2	18	19.8
Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک	7750	8400	2500	5500	9550	9125	12373	17525	1800	725	9873	12025
Spike.m^{-2}	تعداد سنبله در مترمربع	808	823	324	624	948	896	960	1480	140	64	638	856
Grain weight.spike^{-1}	وزن دانه در سنبله	1.7	1.2	0.53	0.78	2.05	3	2.9	3.1	0.3	1.75	2.4	2.3
Days to stem elongation	تعداد روز تا ساقه دهی	57	56	56	55	59	57	69	64	2	1	13	9
Days to flowering	تعداد روز تا گلدهی	93	92	87	87	94	95	100	101	1	3	13	14
Days to maturity	تعداد روز تا رسیدگی	133	130	119	124	136	134	139	144	3	4	20	20

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

شود. در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی، عملکرد دانه و ثبات عملکرد در شرایط مختلف محیطی به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب برای تحمل تنش در نظر گرفته می‌شوند. بالا بودن عملکرد دانه در شرایط تنش می‌تواند ناشی از تحمل زیاد به تنش و یا ظرفیت بالای تولید و یا هر دو باشد (Fischer and Maurer, 1979). سکارلی و گراندو (Ceccarelli and Grando, 1991) گزارش نمودند ارقامی که در شرایط تنش خشکی انتخاب شدند، گاهی در شرایط بدون تنش از لحاظ صفات زراعی تظاهر خوبی نداشتند. بنابراین توصیه می‌شود که محققان در مطالعات خشکی بیشتر روی نتایج حاصل از آزمایشات در شرایط تنش تمرکز داشته باشد.

ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش (جدول ۲) نشان داد که عملکرد دانه با کلیه صفات مورد بررسی، به‌جز روز تا ساقه دهی و روز تا گل‌دهی، همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. همبستگی روز تا ساقه دهی و گلدهی با عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بود. همبستگی عملکرد دانه با وزن هزار دانه در بالاترین مقدار بود و با صفات روز تا گلدهی و روز تا ساقه رفتن نیز همبستگی بالایی داشت. روز تا ساقه دهی و روز تا گلدهی که دارای همبستگی بالایی باهم بوده (r=۰/۹۹**) و با عملکرد دانه همبستگی منفی داشتند. این موضوع نشان‌دهنده اثر مهم زودرسی و فرار از تنش در شرایط تنش خشکی است، به‌عبارت‌دیگر هر چه تعداد روز تا گلدهی کوتاه‌تر باشد و گیاه از شرایط خشک‌تر انتهای فصل فرار کند، کاهش عملکرد کمتری خواهد داشت. این موضوع می‌تواند راهکار مناسبی جهت اصلاح برای شرایط تنش در گندم باشد.

سایر صفات اندازه‌گیری شده نیز دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه بودند، بنابراین افزایش هرکدام از آنها می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود. در شرایط تنش در اثر کمبود مواد فتوسنتزی، تعادل بین منبع و مخزن از طریق تعداد سنبله در مترمربع کمتر حفظ می‌شود و تعداد سنبله‌های باقیمانده نسبت به تعداد دانه و وزن هزار دانه بیشتر، در عملکرد دانه تاثیر مثبت دارد. همبستگی بالا بین عملکرد بیولوژیک با تعداد سنبله در مترمربع نشان‌دهنده این است که عملکرد بالای بیولوژیک به میزان سطح فتوسنتز کننده و میزان کلروفیل گیاه بستگی دارد. نتایج نشان داد که بالا بودن وزن هزار دانه در شرایط تنش با عملکرد دانه همبستگی بالایی داشت (جدول ۲). نتایج آزمایش روی ۲۵ لاین گندم دوروم نشان داد که در شرایط محدود آبی، صفات وزن هزار دانه، تعداد سنبلچه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشتند و همبستگی منفی طول سنبله با عملکرد دانه نشان دهنده این است که سنبله‌های طویل فرصت کافی برای پر شدن نداشته و این موضوع باعث تولید دانه‌های کوچک‌تر می‌شود (Hoseinzadeh *et al.*, 2010). در آزمایش ارزیابی تنوع ژنتیکی ژرم پلاسم گندم دوروم در شرایط بدون تنش توسط نقوی و همکاران (Naghavi *et al.*, 2002) گزارش شد که همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه در سنبله مثبت است. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2011) نشان دادند که وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد تک سنبله، به‌ویژه عملکرد دانه، در شرایط تنش خشکی حساسیت بیشتری نسبت به ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با سایر صفات مورد مطالعه، به جز ارتفاع بوته (همبستگی منفی و معنی‌دار)، در شرایط بدون تنش و تنش خشکی گزارش شده است. حمیدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2011) نیز گزارش دادند که همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله دیده نشد، ولی با وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در این آزمایش عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

جدول۲- ضرایب همبستگی صفات گیاهی مورد ارزیابی لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان در شرایط تنش خشکی

Table 2. Correlation coefficient between plant characteristics in recombinant lines of bread wheat under drought stress condition

Plant characteristics	صفات گیاهی	ارتفاع بوته	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد سنبلچه در سنبله	روز تا ساقه‌دهی	روز تاگلدهی
		Plant height	Spike length	Grain.spike^{-1}	Grain weight.spike^{-1}	1000 Grain weight	Grain yield	Biological yield	Spike.m^{-2}	Spikelet. Spike^{-1}	Days to stem elongation	Days to flowering
Spike length	طول سنبله	0.518**										
Grain.spike-1	تعداد دانه در سنبله	0.31**	0.463 **									
Grain weight.spike-1	وزن دانه در سنبله	0.522**	0.555 **	0.686 **								
1000 Grain weight	وزن هزار دانه	0.537**	0.525 **	0.176 **	0.586 **							
Grain yield	عملکرد دانه	0.298**	0.210 **	0.143 **	0.321 **	0.485**						
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.241**	0.175 **	0.054 ns	0.158 **	0.328**	0.745 **					
Spike.m-2	تعداد سنبله در مترمربع	0.148**	0.067 ns	0.035 ns	0.038 ns	0.063 ns	0.311 **	0.334 **				
Spikelet.spike-1	تعداد سنبلچه در سنبله	0.451**	0.572**	0.525**	0.580**	0.471**	0.238**	0.139**	0.039 ns			
Days to stem elongation	روز تا ساقه‌دهی	-0.526**	-0.548 **	-0.185 **	-0.596 **	-0.918**	-0.415 **	-0.286 **	-0.045 ns	-0.495**		
Days to flowering	روز تا گلدهی	-0.512**	-0.534 **	-0.177 **	-0.592 **	-0.915**	-0.400 **	-0.259 **	-0.031 ns	-0.485**	0.992 **	
Days to maturity	روز تا رسیدگی	-0.512**	-0.539 **	-0.180 **	-0.592 **	-0.913 **	-0.405 **	-0.268 **	-0.031 ns	-0.493**	0.990 **	0.993 **

ns, * and **: Not significant and significant at 5 and % probability levels, respectively

ns ، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

معنی‌دار داشت (جدول ۲). رینولدز و همکاران (Reynolds *et al*., 2009) گزارش دادند که افزایش عملکرد بیولوژیک زمانی مؤثر خواهد بود که کربن تولید شده در طی فتوسنتز به‌طرف اندام‌های اقتصادی یا دانه تخصیص داده شود. خضری عفراوی و همکاران (Khezri Afravi *et al*, 2010). در نتایج حاصل از تجزیه همبستگی بین صفات در توده‌های بومی گندم دوروم نشان دادند که صفات عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، وزن سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه با عملکرد تک بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. همبستگی بین صفات تعداد پنجه، روز تا رسیدگی و محتوای آب نسبی با عملکرد بیولوژیک مثبت ولی غیرمعنی‌دار بود. حسین زاده و همکاران (Hoseinzadeh *et al*, 2010) در آزمایشی نشان دادند که در شرایط تنش خشکی در گندم دوروم عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند، ولی آسنگ و وان هروارودن (Asseng and Van Herwarden, 2003) بیان داشتند که روابط عملکرد دانه و اجزای عملکرد در گندم به اثرات عوامل محیطی بر رشد گیاه وابسته است.

درک نادرست از نقش همبستگی صفات گیاهی ممکن است کار آیی انتخاب را در برنامه‌های به نژادی را کاهش دهد. درنتیجه با توجه به کارایی پایین انتخاب بر اساس عملکرد دانه در گندم که در اکثر آزمایشات به آن اشاره شده است، می‌توان از صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دارند و به‌عبارت‌دیگر تاثیر فراوانی بر آن دارند را در انتخاب بهتر ارقام و لاین‌ها مورد بهره‌برداری قرارداد (Poustini and Siosemardeh, 2004).

در اصلاح نباتات به‌منظور دستیابی به عملکرد دانه بالا و افزایش کارایی انتخاب، تعداد کمی از شاخص‌های مؤثر در دستیابی به اهداف اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. رگرسیون خطی برای گزینش صفات مؤثر کاربرد گسترده‌ای دارد. تجزیه همبستگی نیز تا حد زیادی تابع تعداد نمونه‌ها بوده و تغییرات کوچک در تعداد نمونه‌ها باعث تغییر در همبستگی نهایی می‌شود. بعلاوه همبستگی دوطرفه بوده و نمی‌تواند اثر مستقیم و یک‌طرفه یک متغیر را به‌عنوان متغیر مستقل روی متغیر وابسته به‌روشنی نشان دهد. به همین علت تجزیه رگرسیون جهت مشخص کردن نحوه پاسخ عملکرد به متغیرهای مؤثر بر آن کارایی بالاتری دارد. بعلاوه رگرسیون خطی دارای محدودیت‌هایی مانند تاثیر زیاد هم خطی داخلی بر محور ارتباط صفات با متغیر وابسته و تغییر در مدل رگرسیونی است. بر این اساس روش‌هایی زیادی برای جداسازی اثر هم خطی و انتخاب بهترین و مؤثرترین متغیرها، به‌گونه‌ای که صفات دارای هم خطی بالا به متغیرهای مهم‌تر شکسته شده و در مدل ظاهر شوند، توسعه یافته است. در روش انتخاب متغیر به روش رگرسیون گام‌به‌گام (Stepwise) برای انتخاب زیرمجموعه‌هایی از متغیرهای مستقل به‌طور مجزا وارد مدل شده و در صورت همبستگی معنی‌دار با متغیر وابسته، در مدل باقی مانده و در غیر این صورت از مدل خارج می‌شوند. جهت استفاده از این روش در برنامه‌های اصلاحی معمولاً صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نتایج انتخاب متغیر به روش گام‌به‌گام در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه در اغلب پژوهش‌های قبلی اثبات شده است که عملکرد بیولوژیک دارای اثر فراوانی بر عملکرد دانه در گندم بوده و خود این متغیر نتیجه نهایی سایر صفات است و خود می‌تواند به‌صورت جداگانه به‌عنوان یک متغیر وابسته در مدل لحاظ شود، در این پژوهش از عملکرد بیولوژیک برای بررسی روابط عملکرد دانه با روش گام‌به‌گام استفاده نشد و سایر صفات اندازه‌گیری شده، به‌جز عملکرد بیولوژیک، در مدل رگرسیونی عملکرد دانه لاین‌های گندم در شرایط تنش خشکی مورد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۳). نتایج نشان داد که صفت وزن هزار دانه با ضریب تبیین (R^2=0.4822) به‌تنهایی بیشترین تغییرات مدل رگرسیونی را توجیه کرد. بعد از آن به ترتیب تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در مترمربع و وزن دانه در سنبله (جمعاً با ضریب تبیین R^2=0.4، وارد مدل شدند. مدل رگرسیونی ارائه‌شده با ضریب تبیین نهایی (R^2=0.8135) بهترین مدل برای صفات فوق می‌باشد. بر اساس این نتایج، همبستگی بین متغیرها و عملکرد دانه مورد تائید قرار گرفت. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*, 2011) با آزمایش روی ۸۱ ژنوتیپ گندم ایرانی نشان دادند که در تجزیه رگرسیون به ترتیب صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و ارتفاع بوته وارد مدل شدند. نقوی و همکاران (Naghavi *et al*, 2002) هم با استفاده از رگرسیون چند متغیره خطی نشان دادند که صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه در سنبله در حدود ۹۴ درصد از تغییرات کل عملکرد دانه را در گندم دوروم توجیه کردند. در یک تحقیق روی گندم پنج صفت وزن دانه در سنبله، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در مترمربع و طول سنبله وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شدند و حدود ۹۸/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (Leilah and Al-khateeb, 2005). در آزمایش دیگری که در شرایط تنش خشکی توسط خضری عفراوی و همکاران (Khezri Afravi *et al*, 2010) انجام شد، نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون نشان داد که صفات وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک به ترتیب وارد مدل شده و ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد را در گندم دوروم توجیه نمودند. نتایج تجزیه رگرسیون توسط حسین‌زاده و همکاران (Hoseinzadeh *et al*. 2010) نشان داد که در شرایط محدودیت آبی، صفات طول سنبله، طول پدانکل، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه وارد مدل شده و جمعاً ۷۸/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را در گندم دوروم توجیه نمودند، در نتیجه علت اصلی اختلاف در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش را می‌توان به تفاوت در این صفات نسبت داد.

جدول۳- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان در شرایط تنش خشکی

Table 3. Result of stepwise regression for grain yield of recombinant lines of bread wheat under drought stress condition

Variable entered to model	متغیر واردشده به مدل	Partial R^2	Model R^2	F Value	Pr > F
1000 Grain weight	وزن هزار دانه	0.4822	0.4822	264.92	<.0001
Spike.m^{-2}	تعداد سنبله در مترمربع	0.1456	0.5647	79.21	<.0001
Spike length	طول سنبله	0.0538	0.8006	11.98	0.0447
Grain.spike^{-1}	تعداد دانه در سنبله	0.0093	0.8099	5.99	0.0184
Grain weight.spike^{-1}	وزن دانه در سنبله	0.0086	0.8135	5.87	0.0495

اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف گیاهی در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش عملکرد دانه اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک‌طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن صفات دیگر، نتایج نامطلوبی خواهد داشت، بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی باید به روابط بین صفات توجه شود و در صورت درک نادرست از نقش و روابط صفات، کارایی انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی کاهش خواهد یافت. در این تحقیق آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات انتخاب‌شده توسط مدل رگرسیونی گام‌به‌گام روی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

جدول ۴- نتایج تجزیه ضرایب مسیر صفات گیاهی لاین‌های خالص نوترکیب گندم نان در شرایط تنش خشکی

Table 4. Result of path analysis of plant characteristics of recombinant lines of bread wheat under drought stress condition

Variable	متغیر	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Grain.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	وزن دانه در سنبله Grain weight.spike^{-1}	تعداد سنبله در مترمربع Spike.m^{-2}	اثر مستقیم Direct effect	همبستگی با عملکرد Correlation with grain yield
Spike length	طول سنبله	**0.74143**	0.072304	-0.52265	-0.01638	-0.0313	**0.74143**	0.24341
Grain.spike^{-1}	تعداد دانه در سنبله	0.03902	***0.112783***	0.108292	-0.03011	-0.01061	**0.112783**	0.22132
1000 Grain weight	وزن هزار دانه	-0.04422	0.019891	***0.614028***	-0.00607	-0.05245	**0.614028**	0.53118
Grain weight.spike^{-1}	وزن دانه در سنبله	-0.01819	0.044842	0.049218	***-0.07574***	-0.00276	**-0.07574**	-0.00263
No of spike	تعداد سنبله در مترمربع	0.046131	-0.02097	-0.56422	0.003662	***0.057083***	**0.057083**	-0.47831

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

عملکرد دانه، بر اساس ضرایب همبستگی و رگرسیون استاندارد، مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد دانه به‌عنوان برآیند و صفات وزن هزار دانه، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله به‌عنوان متغیرهای علّی و متغیر عملکرد دانه به‌عنوان متغیر معلول در نظر گرفته شدند (جدول ۴). در بین صفات مورد بررسی ابتدا طول سنبله (۰/۷۴) و سپس وزن هزار دانه (۰/۶۱) بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه را داشتند. اثر غیرمستقیم طول سنبله از طریق وزن هزار دانه و وزن دانه در سنبله، منفی بود. اثرغیرمستقیم طول سنبله از طریق تعداد دانه در سنبله مثبت برآورد شد. با توجه به اینکه اثر غیرمستقیم وزن هزار دانه از طریق طول سنبله نیز منفی برآورد گردید، به نظرمی‌رسد که این دو متغیر در شرایط تنش خشکی دارای اثر معکوس از طریق همدیگر بر عملکرد دانه می‌باشند. با توجه به اینکه وزن هزار دانه تا حدودی در گندم ثابت در نظر گرفته می‌شود، بهتر است ژنوتیپ‌هایی با وزن هزار دانه بالا در شرایط تنش انتخاب شده و سپس با توجه به‌اندازه طول سنبله برای رسیدن به عملکرد بالاتر، در نسل‌های بعدی گزینش را تکمیل کرد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر، با توجه به اینکه تعداد سنبله در مترمربع نیز از جمله صفات تاثیرگذار بر عملکرد است، می‌توان علاوه بر طول سنبله، از تعداد سنبله (تعداد پنجه باور) نیز در اصلاح از طریق گزینش (به‌صورت غیرمستقیم، برای بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی استفاده کرد. بر این اساس باید به‌گونه‌ای عمل کرد که ژنوتیپ‌های با طول سنبله و تعداد سنبله بیشتر انتخاب شوند. از طرف دیگر با توجه به محدودیت آب، به کشاورزان توصیه شود تا تعداد بذر در واحد سطح کمتری استفاده کنند تا آب ذخیره‌شده در خاک جهت افزایش تعداد سنبله برسد. وزن دانه در سنبله دارای اثر مستقیم منفی بود، ولی این اثر به دلیل پایین بودن مقدار آن قابل‌چشم‌پوشی است. وزن دانه در سنبله دارای ضرایب پایین غیرمستقیم نیز بود و بنابراین می‌توان در برنامه‌های اصلاحی به این صفت کمتر از سایر صفات تاثیر گذار مانند طول سنبله و وزن هزار دانه، پرداخت. تعداد دانه در سنبله نیز دارای اثر مثبت از طریق طول سنبله بود. به‌طور کلی با افزایش طول سنبله تعداد دانه در سنبله افزایش می‌یابد و برعکس و با توجه به مدل علی و معلولی، این همبستگی به افزایش عملکرد دانه کمک می‌کند، لیکن باید توجه داشت که افزایش تعداد دانه ممکن است به کاهش وزن دانه بیانجامد. در آزمایش حسین زاده و همکاران (Hoseinzadeh *et al*, 2009) در شرایط تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک و روز تا ساقه‌دهی، بیشترین اثر مستقیم مثبت و منفی بر عملکرد دانه را داشتند. همبستگی نسبتاً بالای عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه عمدتاً مربوط به اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک بوده و اثر غیرمستقیم این صفت از طریق سایر صفات چشمگیر نبود. تعداد روز تا گلدهی دارای بیشترین اثر مستقیم منفی (۰/۷۷۵-) و اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد روز تا رسیدگی (۰/۷۳۸) بود. بعد از عملکرد بیولوژیک، صفت وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم (۰/۲۸۲) و اثر غیرمستقیم آن از طریق عملکرد بیولوژیک (۰/۲۱۵) و تعداد روز تا گلدهی (۰/۸۰۷) بود. نتایج نشان داد که در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشت. با توجه به اهمیت وزن هزار دانه، می‌توان در شرایط تنش خشکی از این صفت به‌عنوان یک شاخص مناسب در گزینش لاین‌های برتر استفاده کرد. نتایج تجزیه علیت در آزمایش نقوی و همکاران (Naghavi *et al*, 2002) در ژرم‌پلاسم گندم دوروم نشان داد که اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله با وزن هزار دانه و میانگین عملکرد دانه مثبت و بالابود و تعداد سنبلچه در سنبله فقط اثر غیرمستقیم بالایی از طریق تعداد دانه در سنبله بر میانگین عملکرد سنبله داشت. نتایج تجزیه علیت در شرایط محدودیت آبی در آزمایش عزیزی نیا (Azizinia, 2005) در گندم نشان داد که بیشترین

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه مربوط به طول پدانکل (۳/۰۸۱) و بیشترین اثر منفی مربوط به ارتفاع بوته (۳/۱۳۶-) بود. مک اینتیر و همکاران (McIntyre *et al.*, 2010) در آزمایش خود روی جمعیت Babax * SeriM82 گزارش نمودند که اندازه دانه و تعداد دانه می‌توانند به‌طور مستقل در افزایش عملکرد دانه تاثیر بگذارند.

نتیجه‌گیری

عملکرد دانه هدف عمده در انتخاب گیاهان زراعی برای تحمل خشکی به شمار می‌رود و با توجه به وجود لاین‌هایی با میانگین بالا در شرایط تنش خشکی، می‌توان با شناسایی آن‌ها، نسبت به بهبود لاین‌های متحمل به خشکی اقدام کرد. انتخاب بر اساس عملکرد دانه به دلیل وراثت‌پذیری پایین، خصوصاً در شرایط تنش خشکی، کافی نیست، بنابراین می‌توان صفاتی را که دارای همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی هستند در برنامه‌های به نژادی در اولویت قرارداد. نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع بالایی در ارتباط با کلیه صفات مورد ارزیابی در لاین‌های مورد بررسی وجود داشت که نشان‌دهنده توان بالای اصلاحی و ارزش اصلاحی بالای این جمعیت و گزینش برای نسل‌های بعدی است. نتایج همبستگی نشان داد که تعداد روز تا گلدهی در این لاین‌ها اثر بالایی بر عملکرد دانه آن‌ها در شرایط تنش خشکی داشت و بنابراین می‌توان گزینش را بر مبنای کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد، به‌منظور تحمل (اجتناب) خشکی، انجام داد. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام و ضرایب مسیر نیز نشان داد که وزن هزار دانه و طول سنبله از جمله صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه هستند که می‌توان از آن‌ها برای گزینش غیرمستقیم عملکرد (به‌عنوان شاخص گزینش) استفاده نمود.

منابع مورد استفاده

References

Asseng, S. and A. F. Van Herwarden. 2003. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. Plant Sci. 256: 217-229.

Azizinia, S. 2005. Evaluation of quantitative characters related to resistance to drought in synthetic wheat under normal and rain-fed conditions. Iran. J. Agric. Sci. 36: 281-295. (In Persian with English abstract).

Boyer, J. S. 1982. Advances in drought tolerance in plants. Plant Prod. Environ. Sci. 218: 443-448.

Ceccarelli, S. and S. Grando. 1991. Selection environment and environment sensitivity in barley. Euphytica, 57: 157-167.

Dehghani, A. S., M. Khodarahmi, E. Majidi-Heravan and F. Paknejad. 2010. Genetic diversity of morphological and physiological traits in durum wheat lines. J. Seed Plant. 26: 120.1-103. (In Persian with English abstract).

Deikman, J., M. Petracek, and J. E. Heard. 2011. Drought tolerance through biotechnology: improving translation from the laboratory to farmers' fields. Current Opinion Biotech. 23:1-8.

Fischer, R. A. and R. Maurer. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

Fleury, D., J. S. Stephen, H. Kuchel and P. Langridge. 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. J. Exp. Bot. 61:12. 3199-3210.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

Hoseinzadeh, A. H., M. Khezri Afrawi., T. Miri and A. Peyghambari. 2010. An evaluation of different durum wheat (*Triticum turgidum* L.) lines under stress and non-stress conditions. Iran. J. Field Crop Sci. 40(3):169-161. (In Persian with English abstract).

Hussain, S. S., M. A. Kyani and M. Amjad. 2011. Transcription factors as tools to engineer enhanced drought stress tolerance in plants. Biotech. Prog. 27: 297-306.

Khezri Afravi, M., A. Hossein-zadeh., V. Mohammadi and A. Ahmadi. 2010. Evaluation of drought resistance in durum wheat landraces in Iran under natural water stress and irrigation. Iran. J. Field Crop Sci. 41(4): 753-741. (In Persian with English abstract).

Leilah, A. A. and S. A. Al-khateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. J. Arid Environ. 61. 483-496.

McIntyre, C. L., K. L. Mathews, A. Rattey, C. Scott, Chapman., J. Drenth, M. Ghaderi, M. Reynolds, R. Shorter. 2010. Molecular detection of genomic regions associated with grain yield and yield-related components in an elite bread wheat cross evaluated under irrigated and rainfed conditions. Theor. Appl. Genet. 120: 527–541.

Mohammadi, B., S. Lutts and J. J. Kinet. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum turgidum* L.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Sci.160: 969-981.

Mohammadi, H., A. Ahmadi, F. Moradi, A. Abbasi, K. Poustini, M. Joudi and F. Fatehi. 2011. Evaluation of Critical Traits for Improving Wheat Yield under Drought Stress. Iran. J. Field Crop Sci. 42: 373-385. (In Persian with English abstract).

Naghavi, M., F. Shahbaz and A. Taleai. 2002. Evaluation of variation in durum wheat germplasm for some agronomic characters. Iran. J. Agric. Sci. 2:81-88. (In Persian with English abstract).

Passioura, J. B. 1996. Drought and Drought Tolerance. *In:* Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, physiological and Molecular Biological Analysis. Springer, Netherlands.

Poustini, K. and A. Siosemardeh. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crop Res. 85:125-133.

Reynolds, M., M. J. Foulkes, G. A. Slafer, P. Berry, M. A. J. Parry, G. W. Snape and W. J. Angus. 2009. Raising yield potential in wheat. J. Agric. Res. 29: 897-912.

Slafer, G. A. and G. L. Araus. 1998. Improving wheat responses to abiotic stresses. *In:* Proceeding of the 9th International Wheat Genetics Symposium. 2-7 August Saskatchewan, Canada.

Turner, N. C. 1989. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. Mussell H., Staples C. R. (Eds.). Stress Physiology in Crop Plants. New York. USA. P: 343-372.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]

Evaluation of grain yield of recombinant inbred lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) derived from SeriM82/Babax cross under drought stress conditions

Tabatabai, S. M. T.[1], M. Solouki[2], B. Fakhery[3], M. Esmailzadeh-Moghaddam[4] and N. Mehdinezhad[5]

ABSTRACT

Tabatabai, S. M. T., M. Solouki, B. Fakhery, M. Esmailzadeh-Moghaddam and N. Mehdinezhad. 2018. Evaluation of grain yield of recombinant inbred lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) derived from SeriM82/Babax cross under drought stress conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 19(4): 270-283. (In Persian).**

To compare the grain yield potential of recombinant inbred lines of bread wheat derived from SeriM82/Babax,cross under drought stress conditions and also to study the relationship between grain yield and other related traits for the indirect selection of superior genotypes, 167 recombinant inbred lines of bread wheat along with their parental lines were evaluated using alpha-lattice design with two replication in two separate normal and drought stress conditions in Yazd Research Station in 2013-14 and 2014-2015 growing seasons. The results of combined analysis of variance showed significant differences among genotypes. High genetic variation was observed in all traits, indicating a high breeding value potential in this population which facilitate selection of superior lines with drough tolerance. Days to flowering had significant relationship with grain yield under drought stress conditions, and therefore, lines with shorter days to flowering could be selected for drought-prone envirnments. The results of stepwise regression analyisis as well as path coefficients analysis showed that 1000-gain weight and spike length were the most effective attributes in determininggrain yield, which can be used as selction criteria for indirect selection for grain yield in wheat breeding programs for drough prone environments. Consecuently due to the low heritability of grain yield, it could not be considered as a proper trait to select under drought stress condition and it's better to use traits with high correlation with grain yield, e.g. number of grains, mean of grain weight and phonological sttributes of plant.

Keywords: Bread wheat, Drought tolerance, Path analysis, Phenologic traits and Regression analysis

Received: March, 2017 **Accepted: December, 2017**

1. PhD Student, University of Zabol, Zabol, Iran and Faculty member, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran (Corresponding author) (Email: staba1349@gmail.com)
2. Associate Prof., University of Zabol, Zabol, Iran
3. Professor, University of Zabol, Zabol, Iran
4. Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
5. Assistant Prof., University of Zabol, Zabol, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.1.3]