

ارزیابی توارث ژنتیکی و پاسخ به گزینش لوله‌ای شدن برگ‌ها و برخی صفات مرتبط با تحمل خشکی در گندم نان

راضیه عطاء‌الهی، روح‌اله عبدالشاهی*، علی‌اکبر مقصودی مود

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

چکیده

در این پژوهش ژنتیک صفات وابسته به تحمل خشکی شامل لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد کل پنجه‌ها، طول و عرض برگ پرچم با استفاده از یک تلاقی دی‌آل ۹×۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان مورد ارزیابی قرار گرفتند. لوله‌ای شدن برگ‌ها یکی از راهکارهای مهم گندم در تحمل تنش خشکی است. نسبت بیکر (۰/۲۵) و وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۲۰) پایین این صفت نشان دهنده نقش پررنگ آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت است. این نتایج نشان می‌دهد برای به‌نژادی این صفت گزینش در نسل‌های تفکیک نمی‌تواند مفید باشد و روش‌هایی مانند بالک، بالک تک‌بذر و هاپلوئیدهای مضاعف شده توصیه می‌گردد. از طرف دیگر، عرض برگ پرچم، طول پدانکل و ارتفاع بوته وراثت‌پذیری خصوصی (به ترتیب ۰/۶۵، ۰/۵۶ و ۰/۵۱) و نسبت بیکر بالایی (به ترتیب ۰/۶۷، ۰/۶۵ و ۰/۴۶) داشتند. با توجه به این نتایج، روش‌های شجره‌ای و تلاقی برگشتی برای به‌نژادی این صفات مناسب است. صفات تعداد کل پنجه‌ها (۰/۲۲)، طول پدانکل (۰/۱۹)، عرض برگ پرچم (۰/۱۵) و ارتفاع بوته (۰/۱۴) بیشترین پاسخ به گزینش را به خود اختصاص دادند. دلیل این امر تنوع فنوتیپی بالا و یا وراثت‌پذیری خصوصی بالای این صفات است.

واژه‌های کلیدی: پاسخ به گزینش، تنش خشکی، درجه غالبیت، عمل ژن، لوله‌ای شدن برگ‌ها

مقدمه

گندم نان (*Triticumaestivum*) یک سوم غذا، بیش از نصف کالری و تقریباً نصف پروتئین مورد نیاز مردم جهان را تامین می‌نماید (Dhanda et al., 2004). خشکی مهم‌ترین تنش محیطی در تولید گیاهان زراعی است (Tuberosa, 2012) و گندم در هر دو شرایط دیم و فاریاب به طور گسترده تنش خشکی را در برخی از مراحل رشدی خود تجربه می‌نماید، ولی فراوانی و شدت کمبود آب در شرایط دیم شدیدتر است (Rebetzke et al., 2006). تغییرات الگوی آب و هوا و کمبود ذخایر آب جهانی باعث خواهد شد گندم‌های فاریاب نیز آب کمتری دریافت کنند و احتمال تنش خشکی در این شرایط نیز افزایش یابد (Condon et al., 2004; Feddema, 1999). افزایش جمعیت جهان و نیاز بیشتر به استفاده از آب در این بخش این مشکل را بیشتر تشدید می‌نماید (Condon et al., 2004). به طور عمده به‌نژادی غلات بر اساس گزینش تجربی برای عملکرد انجام می‌شود ولی از آنجایی که عملکرد دارای وراثت‌پذیری پایین و به شدت تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است این روش ایده‌آل نیست (Araus, 2012). به‌نژادی برای افزایش عملکرد در شرایط غیرتنش، در برخی موارد باعث افزایش عملکرد در شرایط دیم شده است. با وجود همبستگی مثبت بین عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش (Mohamadi et al., 2011) گزینش بر اساس عملکرد در شرایط نرمال ممکن است همیشه پیامد مطلوبی نداشته باشد (Abdolshahi et al., 2015). روش جایگزین گزینش برای صفات ثانویه وابسته به عملکرد در شرایط تنش خشکی است.

پیشرفت کم در گزینش برای عملکرد باعث شد توجه به‌نژادگران به گزینش صفات ثانویه جلب شود (Landjeva et al., 2008). صفات ثانویه که وراثت‌پذیری بالا و همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشند دارای اهمیت زیادی هستند.

ژنتیک صفات ثانویه در پژوهش‌های متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. شیرکوند و همکاران (Shirkavand et al., 2012) با بررسی صفات مهم زراعی گندم نان اعلام کردند در کنترل ژنتیکی این صفات علاوه بر آثار افزایشی و غالبیت اثر اپیستازی افزایشی×افزایشی نیز نقش دارد. این پژوهشگران صفات شاخص برداشت، زمان رسیدگی و ارتفاع بوته را به عنوان معیارهای انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد دانه گندم در شرایط تنش خشکی پیشنهاد کردند. رامشینی و همکاران (Ramshini et al., 2012) با مطالعه ویژگی‌های فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد دانه گندم نشان دادند که اثر افزایشی در کنترل همه صفات مورد بررسی نقش دارد. این پژوهشگران ژنوتیپ‌های Ws-82-9، سرداری و کویر را به عنوان والدین مناسب برای به‌نژادی پیشنهاد دادند. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2007) کنترل ژنتیکی صفات زراعی از قبیل عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن بوته، طول سنبله و وزن هزاردانه را در گیاه گندم مطالعه و نتیجه گرفتند که اثر غالبیت مهم‌ترین عامل در وراثت‌پذیری این صفات است. سینگ و همکاران (Singh et al., 1998) توارث تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و تعداد دانه در سنبله را بررسی و اعلام کردند آثار ژنی افزایشی و اپیستازی افزایشی × افزایشی در بیشتر تلاقی‌ها معنی‌دار بودند، ولی اثر افزایشی در مقایسه با

خوشه، وزن صد دانه، شاخص برداشت و وارث‌پذیری عمومی و خصوصی در دو شرایط نرمال و تنش خشکی اعلام کردند وراثت‌پذیری عمومی این صفات بین ۰/۲۲ تا ۰/۸۳ در شرایط نرمال و بین ۰/۱۹ تا ۰/۹۵ در شرایط تنش خشکی و وراثت-پذیری خصوصی بین ۰/۱۷ تا ۰/۷۱ در شرایط نرمال و بین ۰/۰۷ تا ۰/۷۱ در شرایط تنش خشکی متغیر بود. آنها همچنین اعلام کردند کنترل ژنتیکی صفات در هر دو شرایط محیطی مشابه بود و تنش خشکی کنترل ژنتیکی صفات را تغییر نداد.

لوله شدن برگ در شرایط تنش کم آبی یک مکانیزم سازگارکننده جهت جلوگیری از بروز کمبود آب در بافت‌های گیاه به حساب می‌آید. این عکس‌العمل در کاهش میزان تعرق در شرایط کمبود آب قابل دسترس اهمیت داشته و به عنوان یک مکانیزم اجتناب‌کننده از خشکی عمل می‌کند (O'toole and Cruz, 1979). لوله شدن برگ‌ها باعث کاهش میزان تابش وارده بر برگ، کاهش درجه حرارت آن و متعاقباً کاهش تعرق می‌گردد. لوله شدن برگ در اثر کاهش میزان تورژسانس و عدم توانایی گیاه در ایجاد تنظیم اسمزی به وجود می‌آید و تاخیر در لوله شدن برگ نشانه توانایی گیاه در حفظ تورژسانس برگ و نشانه اجتناب از بروز پساایدگی در برگ می‌باشد (Hsiao et al., 1984).

شناخت ژنتیک صفات ثانویه وابسته به تحمل به خشکی در یافتن روش به‌نژادی مناسب برای به‌نژادی در شرایط تنش خشکی بسیار اهمیت دارد. از این رو، در این پژوهش نحوه توارث و سهم آثار ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی صفات لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد کل پنجه‌ها، طول

دیگر اثرهای ژنی از جمله اثرهای ژنی غالبیت و اپیستازی غالبیت × غالبیت از اهمیت کمتری برخوردار بود. ربتزک و همکاران (Rebetzke et al., 2001) با بررسی ۱۵۰ لاین هاپلوئید مضاعف در مزرعه و گلخانه و بررسی صفات مربوط به بنیه اولیه گیاه یک جایگاه ژنی بر روی بازوی بلند کروموزوم ۴B برای این صفت وابسته به تحمل به خشکی پیدا کردند، که ۱۵-۲۷ درصد از تغییرات فنوتیپی طول کلئوپتیل را نیز توجیه می‌کرد. این جایگاه ژنی بر روی کاهش اندازه برگ موثر بود و بنیه اولیه رشد گیاه را تحت تاثیر قرار داد. نووسلوویچ و همکاران (Novoselovic et al., 2004) اظهار داشتند که در گندم، اثر غالبیت و اپیستازی افزایشی × افزایشی برای صفات عملکرد دانه در گیاه دارای اهمیت بیشتری نسبت به اثر افزایشی است. ارکول و همکاران (Erkol et al., 2010) اعلام کردند صفات وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و سنبلچه در شرایط تنش خشکی تحت کنترل آثار غالبیت و افزایشی است. مصطفوی و ضابط (Mostafavi and Zabet, 2013) اعلام کردند در کنترل صفات عملکرد، وزن صد دانه، تعداد پنجه بارور، طول ریشک، طول پدانکل و ارتفاع بوته آثار افزایشی و غیرافزایشی نقش دارند. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2004) با مطالعه وزن ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی دریافتند اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل وزن ریشه دارای اهمیت بالاتری است، و در تظاهر وزن خشک ریشه نوع عمل ژن غالبیت نسبی و برای نسبت ریشه به اندام هوایی غالبیت کامل است. کمالی‌زاده و همکاران (Kamalizade et al., 2013) با بررسی عملکرد دانه، طول پدانکل، طول

کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان در پاییز ۱۳۹۱ کشت گردید. هر کرت شامل دو خط به طول ۳ متر و فاصله بوته‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از رقابت بین کرت‌ها خط‌های کناری کاشت نشد.

در این پژوهش تنش خشکی آخر فصل مد نظر قرار گرفت و از مرحله ساقه رفتن و قبل از گلدهی آبیاری قطع شد و ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی آخر فصل قرار گرفتند و صفات وابسته به تحمل به خشکی مورد بررسی قرار گرفت. میزان کل بارش از کاشت تا گلدهی ۱۵۶/۲ میلی‌متر و میزان بارش از کاشت تا برداشت ۱۵۹/۳ میلی‌متر بود. قبل از تنش در فصل پاییز و زمستان با توجه به نیاز آبی گیاه دور آبیاری به فاصله ۱۰ تا ۱۷ روز و در فصل بهار دور آبیاری با فاصله یک هفته در نظر گرفته شد.

در تجزیه دی‌آلل اجزای واریانس شامل D, H_1 , H_2 , F و E محاسبه شد (Jinks and Hayman, 1953). پارامتر D اثر افزایشی، H_1 و H_2 غلبه، E واریانس محیطی و $F = \sum 8uvdh(u-v)$ است. در این فرمول u و v فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب و d و h اجزای افزایشی و غالبیت هستند. میانگین حاصلضرب آلل‌های غالب و مغلوب (uv) با استفاده از فرمول $\sqrt{\frac{H_2}{4H_1}}$ محاسبه شد. وراثت پذیری عمومی با استفاده از فرمول $h_{bs}^2 = \frac{0.5D + 0.5H_1 - 0.25H_2 - 0.5F}{0.5D + 0.5H_1 - 0.25H_2 - 0.5F + E}$ و وراثت پذیری خصوصی با استفاده از فرمول $h_{ns}^2 = \frac{0.5D + 0.5H_1 - 0.5H_2 - 0.5F}{0.5D + 0.5H_1 - 0.25H_2 - 0.5F + E}$ محاسبه گردید. در این فرمول‌ها D, H_1, H_2 و F اجزای ژنتیکی تنوع و E جزء محیطی تنوع است.

عرض برگ پرچم که از صفات ثانویه تاثیرگذار بر عملکرد در شرایط تنش خشکی هستند بررسی شد. هدف دیگر این پژوهش شناسایی والدین مناسب در به‌نژادی گندم برای تحمل به خشکی است.

مواد و روش‌ها

برای مطالعه ژنتیک صفات ثانویه وابسته به تحمل به خشکی شامل لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد کل پنجه‌ها، طول و عرض برگ پرچم، مجموعه‌ای از ارقام ایرانی و بین‌المللی که از لحاظ تحمل به خشکی متنوع بودند انتخاب شدند. در این پژوهش از ۹ رقم گندم به نام‌های روشن، مهدوی، قدس، آذر ۲، کویر، شاه پسند، شیراز، کل حیدری و اکسکلیر به عنوان والدین تلاقی‌های دی‌آلل استفاده شد. رقم‌های روشن و شاه‌پسند از طریق گزینش لاین خالص از توده‌های بومی کشور حاصل شده‌اند. کل حیدری رقم بومی استان فارس است که به طور گسترده در دیمکاری این استان (به‌خصوص سپیدان و نورآباد) و کهگلویه و بویراحمد مورد کشت قرار می‌گیرد. رقم‌های قدس، کویر، آذر ۲ و شیراز از طریق دورگ‌گیری در داخل کشور حاصل شده‌اند. رقم مهدوی در مرکز بین‌المللی ایکاردا به‌نژادی شده است. و رقم اکسکلیر در دانشگاه آدلاید استرالیا به‌نژادی شده است. این رقم‌ها در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان در پاییز ۱۳۹۰ در سه تاریخ مختلف کشت گردید و در بهار ۱۳۹۱ تلاقی‌های نیمه‌دی‌آلل انجام شد. چون ارقام از لحاظ تاریخ گلدهی با هم تفاوت داشتند، کشت در سه تاریخ انجام شد تا امکان انجام تمام تلاقی‌های دی‌آلل ممکن گردد. بذره‌های ۳۶ نتاج F_1 و والدین آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های

1996). در این فرمول i شدت گزینش، h^2 وراثت‌پذیری خصوصی و σ_p میزان انحراف معیار فنوتیپی است. با در نظر گرفتن گزینش ۱۰٪ افراد برتر برای هر صفت میزان $i=1/694$ است. از تقسیم پاسخ به گزینش به میانگین صفت درصد پاسخ به گزینش محاسبه گردید.

پس از اندازه‌گیری صفات، آزمون نرمال بودن خطاها با استفاده از نرم‌افزار MINITAB (Minitab 2010 Statistical Software 16) انجام شد. برای تمام صفات، خطاها دارای توزیع نرمال بود. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute Inc. 2004) و تجزیه دی‌آلل و رسم نمودار W_r بر روی V_r با استفاده از نرم‌افزار دی‌آلل ۹۸ (Yasuo, 1998) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد برای صفات لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد پنجه‌ها و عرض برگ پرچم تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. در حالی که طول برگ پرچم در جمعیت مورد بررسی تنوع ژنتیکی نشان نداد. مقایسه گروهی والد‌ها در مقابل نتاج F_1 نشان داد میانگین نتاج لوله‌ای شدن برگ‌ها به طور معنی‌داری متفاوت از میانگین والدین بود که نشان دهنده هتروزیس در این صفات است (جدول ۱). معنی‌دار نبودن مقایسه گروهی والد‌ها در مقابل نتاج F_1 در سایر صفات را نمی‌توان به وجود اثرات افزایشی ژن‌ها نسبت داد زیرا ممکن است در برخی از مکان‌های ژنی آلل غالب باعث افزایش و در مکان‌های ژنی دیگر باعث کاهش صفت شود

برای بررسی سهم اثرات افزایشی و غیرافزایشی از نسبت بیکر (Baker, 1978) استفاده شد. این نسبت از رابطه

$$2\sigma_{GCA}^2 / (2\sigma_{GCA}^2 + \sigma_{SCA}^2)$$

حاصل می‌شود. چنانچه این نسبت مساوی ۱ باشد فقط اثر افزایشی در کنترل صفت مؤثر است. اگر این نسبت مساوی ۰/۵ باشد سهم اثرات افزایشی و غیرافزایشی مساوی است. بزرگتر بودن این نسبت از ۰/۵ نشان دهنده سهم بیشتر ژن‌های افزایشی و کوچکتر بودن این نسبت از ۰/۵ نشان دهنده نقش بیشتر ژن‌های غیرافزایشی است. برای اندازه‌گیری میزان لوله‌ای شدن برگ پرچم، برگ‌ها توسط قیچی چیده و در نایلون مخصوص گذاشته شد. مقداری آب مقطر جهت حفظ آب درون برگ به آن‌ها اضافه و روی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه نخست برگ‌ها به قطعات ۲ میلی‌متری برش داده شدند و درون ظرف پتری قرار گرفتند. برگ‌ها با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول (PEG) با غلظت ۲- بار تیمار شدند. محلول به اندازه‌ای درون پتری دیش ریخته شد که برگ درون آن غوطه ور باشد. سپس درب پتری بسته و مشخصات برگ روی آن یادداشت شد. به مدت ۴ ساعت نمونه‌ها درون محلول باقی ماندند، سپس از نمونه‌ها با فاصله مساوی از بالا عکس تهیه شد. برای تعیین میزان لوله‌ای شدن برگ‌ها از آنالیز تصاویر به کمک نرم‌افزار Scion image استفاده شد (Sirault et al., 2008 و مقصودی مود ۱۳۹۳). ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول و عرض برگ پرچم با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد.

میزان پاسخ به گزینش با استفاده از فرمول $R=ih^2\sigma_p$ محاسبه شد (Falconer and Mackay,)

معنی دار بود. این نتایج نشان می‌دهد والدین تلاقی علی‌رغم نداشتن تفاوت فنوتیپی دارای تفاوت ژنتیکی هستند، و این تنوع ژنتیکی در نتایج بازتاب یافته است.

(Mather and Jinks, 1982). اگرچه والدین تلاقی برای صفات تعداد کل پنجه‌ها و طول برگ پرچم تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی تفاوت نتایج F_1

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد کل پنجه‌ها، طول و عرض

برگ پرچم		برگ پرچم		برگ پرچم		برگ پرچم	
منابع تغییر	درجه آزادی	لوله‌ای شدن برگ‌ها	ارتفاع بوته	طول پدانکل	تعداد کل پنجه‌ها	طول برگ	عرض برگ
بلوک	۲	۰/۸۲**	۱۶۹۶/۹۵**	۱۸۸/۹۵**	۳۳۸/۱۳ ^{NS}	۱۶/۳۱ ^{NS}	۰/۰۸*
ژنوتیپ	۴۴	۰/۱۸*	۵۱۴/۸۰**	۸۷/۰۷**	۱۳۳/۵۸**	۱۵/۷۷ ^{NS}	۰/۱۵**
والدها	۸	۰/۱۲*	۸۷۱/۸۰**	۱۶۰/۴۱**	۴۶/۵۱ ^{NS}	۸/۱۷ ^{NS}	۰/۲۹**
نتایج F_1	۳۵	۰/۲۱**	۴۴۷/۵۹**	۷۱/۷۷**	۱۵۲/۱۹**	۱۷/۷۵**	۰/۱۳**
والدها در مقابل F_1	۱	۰/۳۳**	۱۱/۳۷ ^{NS}	۳۵/۹۳ ^{NS}	۱۷۹/۰۲ ^{NS}	۶/۳۲ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}
خطا	۸۸	۰/۰۵	۵۲/۷۷	۱۴/۹۹	۵۰/۶۹	۷/۷۶	۰/۰۲
ضریب تغییرات		۲۲/۲۴	۸/۳۷	۱۰/۷۹	۲۸/۸۲	۱۱/۷۸	۷/۸۱

NS، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

برای عرض برگ پرچم (۰/۶۷)، طول پدانکل (۰/۶۵) و تعداد کل پنجه (۰/۵۱) نشان دهنده سهم بالای اثر افزایشی در کنترل این صفات و ارزش اصلاحی بالای این صفات است. لوله‌ای شدن برگ‌ها (۰/۲۵) و طول برگ پرچم (۰/۳۵) پایین‌ترین میزان نسبت بیکر را نشان دادند. این نتایج نشان دهنده نقش پررنگ ژن‌های با آثار غیرافزایشی در کنترل صفات لوله‌ای شدن برگ‌ها و طول برگ پرچم است.

در تجزیه واریانس با روش همین، جزء افزایشی (a) برای صفات لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل و عرض برگ پرچم معنی‌دار و جزء غالبیت (b) برای تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار شد (جدول ۳). این نتایج نشان دهنده اهمیت بالای غالبیت در کنترل ژنتیکی صفات مورد بررسی است. احمدی

در این پژوهش ترکیب پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) برای تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۲). از این رو در کنترل ژنتیکی این صفات آثار افزایشی و غیرافزایشی نقش دارند. این نتایج با یافته‌های رامشینی و همکاران (Ramshini et al., 2012)، احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2007) و سینگ و همکاران (Singh et al., 1998) مطابقت دارد. ترکیب پذیری عمومی نشان دهنده نقش ژن‌های افزایشی و یا ارزش اصلاحی و ترکیب پذیری خصوصی نشان دهنده نقش ژن‌های غیرافزایشی (غالبیت و اپیستازی) است (Falconer and Mackay, 1996).

نسبت بیکر سهم آثار افزایشی و غیرافزایشی را مشخص می‌نماید (Baker, 1978). نسبت بالای بیکر

تعداد دانه در سنبلچه اعلام کردند اثر افزایشی در مقایسه با دیگر اثرهای ژنی از اهمیت کمتری برخوردار است. این یافته‌ها نشان می‌دهند در کنترل صفات مهم زراعی غالبیت نقش مهم و برجسته‌ای ایفا می‌نماید.

و همکاران (Ahmadi et al., 2007) نیز با بررسی کنترل ژنتیکی عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن بوته، طول سنبله و وزن هزاردانه در گندم نان دریافتند اثر غالبیت مهم‌ترین عامل در وراثت‌پذیری این صفات است. همچنین سینگ و همکاران (Singh et al., 1998) با بررسی تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و

جدول ۲- تجزیه واریانس گریفینگ برای صفات لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد کل

پنجه‌ها، طول و عرض برگ پرچم							
منابع تغییر	درجه آزادی	لوله‌ای شدن برگ‌ها	ارتفاع بوته	طول پدانکل	تعداد کل پنجه‌ها	طول برگ	عرض برگ
ترکیب پذیری عمومی	۸	۶/۱۲**	۲۸/۲۷**	۱۹/۲۹**	۸/۳۲**	۳/۷۵**	۱۸/۳۷**
ترکیب پذیری خصوصی	۲۷	۳/۶۸**	۹/۲۶**	۴/۳۰**	۲/۲۱**	۱/۹۲*	۲/۴۶**
خطا	۷۰	۰/۵۴	۰/۲۳	۲/۶۷	۴/۵۸	۰/۸۲	۰/۰۴
نسبت بیکر		۰/۲۵	۰/۴۶	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۳۵	۰/۶۷

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

جدول ۳- تجزیه واریانس ژنتیکی به اجزای افزایشی (a) و غالبیت (b) در روش هیمن

منابع تغییر	درجه آزادی	لوله‌ای شدن برگ‌ها	ارتفاع بوته	طول پدانکل	تعداد کل پنجه‌ها	طول برگ	عرض برگ
A	۸	۲/۴۱*	۲۷/۷۹**	۱۵/۱۱**	۱/۲۱ ^{ns}	۱/۰۳ ^{ns}	۱۴/۶۳**
B	۳۶	۴/۰۵**	۱۳/۱۷**	۷/۲۶**	۳/۹۴**	۲/۳۹**	۶/۲۳**
b1	۱	۰/۵۴ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۲/۶۷ ^{ns}	۴/۵۸*	۰/۸۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
b2	۸	۲/۲۹*	۴/۴۷**	۳/۳۰**	۲/۳۵*	۱/۶۷ ^{ns}	۲/۹۰**
b3	۲۷	۴/۷۰**	۱۶/۲۳**	۸/۶۱**	۴/۳۹**	۲/۶۶**	۷/۴۴**
خطا	۸۸	۰/۰۵	۵۲/۷۷	۱۴/۹۹	۵۰/۶۹	۷/۷۶	۰/۰۲

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

برگ‌ها تا ۰/۶۵ برای عرض برگ پرچم متغیر بود. با توجه به وراثت‌پذیری خصوصی بالای عرض برگ پرچم (۰/۶۵)، طول پدانکل (۰/۵۶) و ارتفاع بوته (۰/۵۱) گزینش در خلال نسل‌های تفکیک برای این صفات باعث بهبود این صفات می‌شود و روش‌های شجره‌ای و تلاقی برگشتی برای به‌نژادی این صفات توصیه می‌شود. همچنین، وراثت‌پذیری خصوصی برای سایر صفات کم است که نشان دهنده اهمیت بالای آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات است. در مورد این صفات توصیه می‌شود بعد از تثبیت ژنتیکی و رسیدن به خلوص گزینش انجام شود. از این رو، برای به‌نژادی این صفات پیشنهاد می‌شود از روش‌هایی مانند بالک، بالک تک بذر و دابل هاپلوئیدی استفاده شود. هانسون (Hanson, 1959) نیز اعلام کرد تاخیر در گزینش تا رسیدن لاین‌ها به خلوص در همه مکان‌های ژنی باعث تثبیت اثرات ژنتیکی می‌شود و نیاز به داشتن اندازه جمعیت بزرگتر را برطرف می‌نماید.

عرض برگ پرچم، طول پدانکل و ارتفاع بوته بیشترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی را داشتند. شیب خط رگرسیون W_I بر روی V_I این صفات با یک تفاوت معنی‌داری ندارد و امکان تحلیل گرافیکی این صفات وجود دارد. عرض از مبدا خط رگرسیون W_I بر روی V_I برای ارتفاع بوته منفی است (شکل ۱) که نشان می‌دهد رابطه بین آلل‌های مکان‌های ژنی کنترل‌کننده این صفت فوق‌غالبیت است. والد‌های مهدوی و کویر که ارقام پاکوتاه هستند حداکثر فاصله و رقم‌های پابلند آذر ۲، روشن و شاه‌پسند حداقل فاصله را از مبدا مختصات دارند. ژنوتیپ‌هایی که حداکثر ژن‌های غالب را دارند به

میزان b_1 فقط برای تعداد کل پنجه معنی‌دار شد. معنی‌دار شدن b_1 نشان می‌دهد غالبیت در یک جهت عمل می‌نماید. معنی‌دار نشدن b_1 برای سایر صفات نشان می‌دهد غالبیت در برخی از مکان‌های ژنی افزایشی و برخی دیگر کاهش‌دهنده است (Mather and Jinks, 1982).

اجزای تنوع شامل D, H_1, H_2, F و E و سایر پارامترهای ژنتیکی برای صفات مورد بررسی محاسبه و در جدول ۴ ارائه شده است. پارامتر D تنوع افزایشی، H_1 و H_2 غلبه و E محیطی را نشان می‌دهد. حاصل ضرب آلل‌های غالب و مغلوب (uv) برای همه صفات با ۰/۲۵ اختلاف معنی‌داری داشت که نشان دهنده برابر نبودن فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در صفات مورد بررسی است. منفی بودن علامت F برای صفات تعداد کل پنجه‌ها و طول برگ پرچم نشان دهنده فراوانی بیشتر آلل‌های مغلوب در این صفات است. وراثت‌پذیری عمومی از ۰/۶۵ برای طول برگ پرچم تا ۰/۹۴ برای ارتفاع بوته متغیر بود. وراثت‌پذیری عمومی نسبتاً بالا برای این صفات نشان دهنده نقش مهم ژنتیک در کنترل این صفات ثانویه وابسته به تحمل به خشکی است. عبدالشاهی و همکاران (Abdolshahi et al., 2015) اعلام کردند در شرایط تنش خشکی وراثت‌پذیری عملکرد کاهش می‌یابد ولی وراثت‌پذیری صفات ثانویه کاهش چشمگیری نشان نمی‌دهد. این پژوهشگران با توجه به وراثت‌پذیری بالای صفات ثانویه و همبستگی ژنتیکی این صفات با عملکرد در شرایط تنش خشکی، اعلام کردند برای بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی بهتر است گزینش بر اساس صفات ثانویه انجام شود. وراثت‌پذیری خصوصی از ۰/۲۰ برای لوله‌ای شدن

و $RhtD1b$ ($Rht2$) که به طور گسترده‌ای در برنامه‌های به نژادی جهت افزایش عملکرد در شرایط نرمال مورد استفاده قرار گرفته‌اند، باعث کاهش اندازه کلئوپتیل، عرض برگ و ارتفاع گیاه شده است (Rebetzke *et al.*, 2001). با توجه به این شرایط ارقام پاکوتاه مناسب شرایط تنش خشکی نیستند.

مبداء مختصات Wr بر روی Vr نزدیک‌ترند (Mather and Jinks, 1982).

با توجه به اینکه ارقام پابلند به مبداء مختصات نزدیک‌ترند، پابندی توسط آلل‌های غالب و پاکوتاهی توسط آلل‌های مغلوب کنترل می‌شود. ژن‌های پاکوتاهی رقم نورین-۱۰، $RhtB1b$ ($Rht1$).

جدول ۴- پارامترهای مربوط به تنوع افزایشی (D)، تنوع غالبیت (H_1 و H_2)، تنوع محیطی (E)، برابری آلل‌های غالب و مغلوب (F) و uv ، وراثت‌پذیری عمومی (h_b^2)، وراثت‌پذیری خصوصی (h_n^2)، پاسخ به گزینش (R) و درصد پاسخ به گزینش ($R\%$) برآورد شده از تلاقی‌های دی‌آلل برای صفات لوله‌ای شدن برگ‌ها، ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد کل پنجه‌ها، طول و عرض برگ پرچم

پارامتر	لوله‌ای شدن برگ‌ها	ارتفاع بوته	طول پدانکل	تعداد کل پنجه‌ها	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم
D	۰/۰۲±۰/۰۰	۳۰/۱/۶±۴۱/۷	۵۰/۱±۹/۷	۲/۳±۱۲/۰	۰/۱±۲/۳	۰/۰۹±۰/۰۰
H1	۰/۱۰±۰/۰۳	۳۵۵/۵±۳۷/۴	۵۲/۲±۸/۸	۱۰۴/۶±۲۸/۱	۱۴/۵±۴/۸	۰/۰۶±۰/۰۱
H2	۰/۱۰±۰/۰۰	۳۱۶/۶±۳۰/۶	۴۳/۸±۶/۵	۸۶/۵±۱۹/۴	۱۲/۶±۳/۴	۰/۰۴±۰/۰۱
F	۰/۰۰±۰/۰۳	۱۴۶/۷±۴۸/۱	۲۱/۵±۱۱/۴	-۲۳/۱±۱۹/۹	-۱/۱±۴/۰	۰/۰۳±۰/۰۲
E	۰/۰۱±۰/۰۰	۱۱/۱±۱/۳	۳/۴±۰/۴	۱۳/۲±۱/۵	۲/۵±۰/۲	۰/۰۱±۰/۰۰
Uv	۰/۲۰±۰/۰۱	۰/۲۲±۰/۰۰	۰/۲۱±۰/۰۱	۰/۲۰±۰/۰۱	۰/۲۱±۰/۰۱	۰/۱۹±۰/۰۱
	۰/۷۰±۰/۰۲	۰/۹۴±۰/۰۰	۰/۸۹±۰/۰۱	۰/۷۶±۰/۰۳	۰/۶۵±۰/۰۴	۰/۸۷±۰/۰۱
	۰/۲۰±۰/۰۴	۰/۵۱±۰/۰۲	۰/۵۶±۰/۰۳	۰/۳۸±۰/۰۴	۰/۲۱±۰/۰۵	۰/۶۵±۰/۰۳
R	۰/۰۷	۱۱/۸۲	۵/۴۴	۴/۸۴	۰/۹۵	۰/۲۷
R%	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۱۵

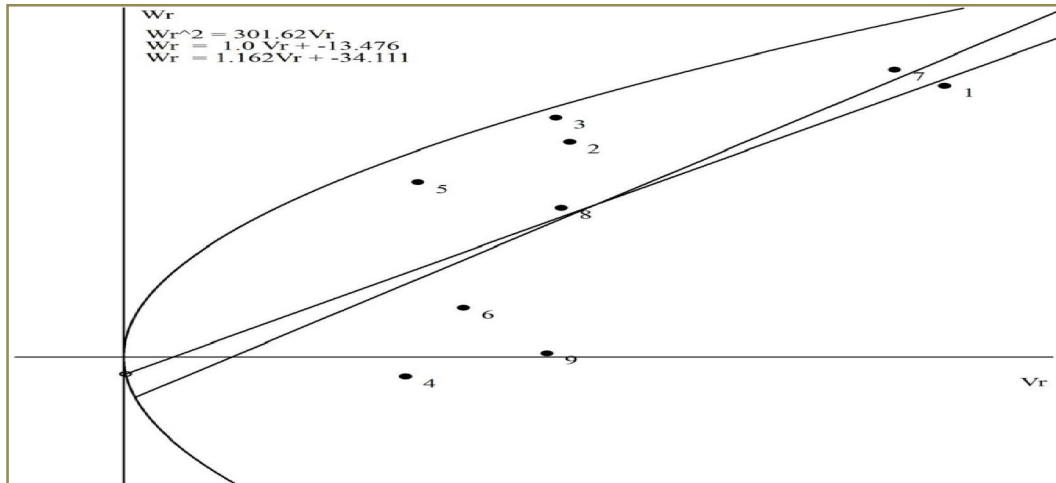
خط رگرسیون Wr بر روی Vr برای طول پدانکل منفی است (شکل ۲) که نشان می‌دهد رابطه بین آلل‌های مکان‌های ژنی کنترل کننده این صفت فوق غالبیت است. والد‌های مهدوی، اکسکلیر، قدس و کویر که دارای پدانکل کوتاه هستند حداکثر فاصله و رقم‌های روشن و شاه‌پسند که دارای پدانکل بلند هستند حداقل فاصله را از مبداء مختصات دارند. توجه به این نتایج، بلند بودن پدانکل توسط آلل‌های غالب کنترل می‌شود. همانند ارتفاع بوته با توجه به

برای بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی بهتر است ارقام پابلند انتخاب شوند. نتایج این پژوهش نشان داد پابندی توسط آلل‌های غالب کنترل می‌شود و وراثت‌پذیری خصوصی این صفت بالاست. از این رو گزینش در طی نسل‌های تفکیک باعث بهبود وضعیت این صفت می‌شود.

نتایج تحلیل گرافیکی طول پدانکل تقریباً همانند ارتفاع بوته است. دلیل این امر به ژن‌های مشترک کنترل کننده دو صفت برمی‌گردد. عرض از مبداء

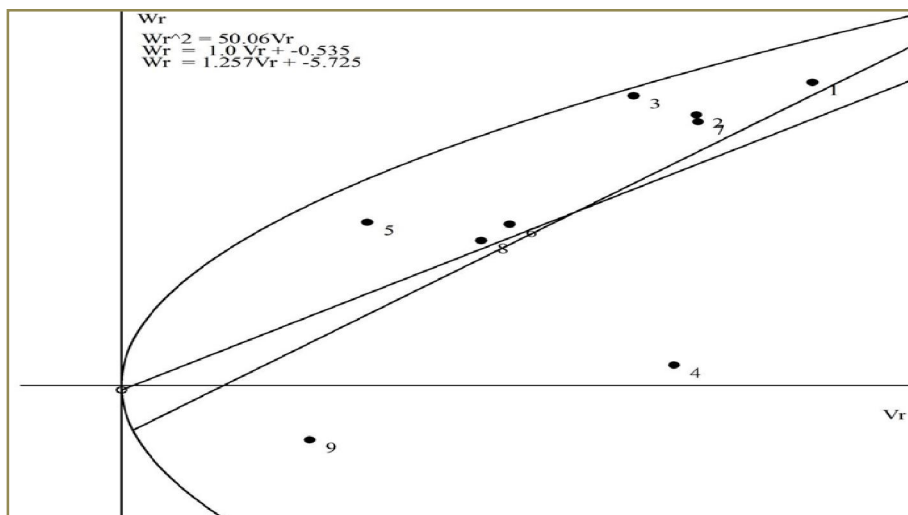
برگشتی پابلند شوند تا عملکرد آن‌ها در شرایط تنش خشکی بهبود یابد.

غالبیت بلند بودن پدانکل و وراثت‌پذیری خصوصی بالای این صفت گزینش در نسل‌های تفکیک موثر است. توصیه می‌شود ارقام پاکوتاه، دارای پدانکل کوتاه و متحمل به خشکی با استفاده از تلاقی



شکل ۱- خط رگرسیون W_r بر روی V_r برای ارتفاع. شماره‌های ۱ تا ۹ به ترتیب رقم‌های مهدوی، اکسکلیر، قدس، آذر ۲، شیراز، روشن، کویر، کل‌حیدری و شاه‌پسند را نشان می‌دهد.

با



شکل ۲- خط رگرسیون W_r بر روی V_r برای طول پدانکل. شماره‌های ۱ تا ۹ به ترتیب رقم‌های مهدوی، اکسکلیر، قدس، آذر ۲، شیراز، روشن، کویر، کل‌حیدری و شاه‌پسند را نشان می‌دهد.

دهنده رابطه غالبیت نسبی بین آلل‌های مکان‌های ژنی کنترل کننده این صفت است. والد شاه‌پسند که دارای

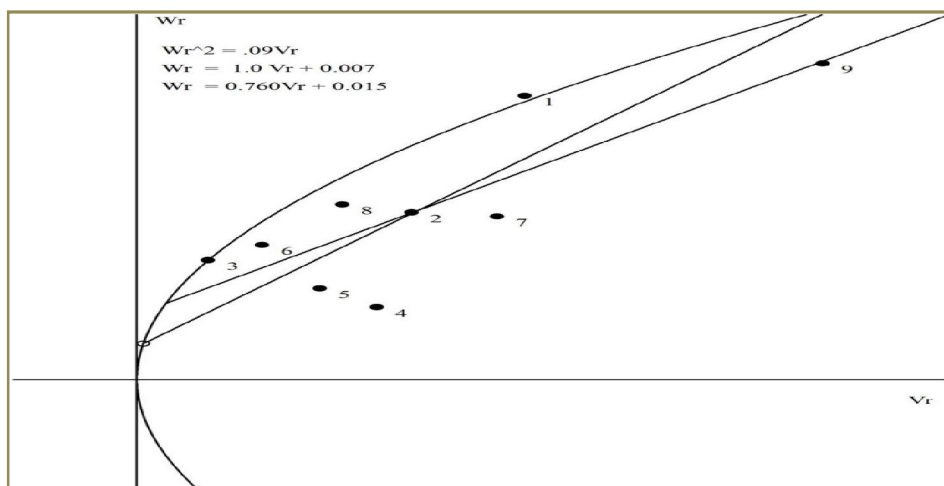
عرض از مبدا خط رگرسیون W_r بر روی V_r برای عرض برگ مثبت است (شکل ۳) که نشان

می‌نمایند. نسبت بیکر (۰/۲۵) و وراثت‌پذیری خصوصی (۰/۲۰) پایین این صفت نشان دهنده نقش پررنگ آثار غیرافزایشی در کنترل این صفت است. با توجه به این نتایج، گزینش در نسل‌های در حال تفکیک توصیه نمی‌شود و برای به‌نژادی این صفت روش‌هایی مانند بالک، بالک تک‌بذر و دابل‌هاپلوئیدی توصیه می‌گردد که در آن‌ها گزینش پس از رسیدن به خلوص انجام می‌شود.

میزان پاسخ به گزینش در جمعیت مورد بررسی از ۴٪ برای طول برگ پرچم تا ۲۲٪ برای تعداد کل پنجه متغیر بود (جدول ۴). پاسخ به گزینش تابع شدت گزینش، وراثت‌پذیری و تنوع فنوتیپی صفت است (Falconer and Mackay, 1996). میزان شدت گزینش برای تمام صفات ثابت در نظر گرفته شد (p=۰/۱۰). بنابراین، تفاوت درصد پاسخ به گزینش به وراثت‌پذیری صفت و تنوع فنوتیپی آن بستگی دارد.

بیشترین عرض برگ است (جدول ۵) حداکثر فاصله را از مبدا مختصات دارد. بنابراین، عریض بودن برگ پرچم توسط آلل‌های مغلوب کنترل می‌شود. اگرچه عرض برگ زیاد باعث بهبود عملکرد در شرایط نرمال شده است (Pang et al., 2014)، ولی این صفت در شرایط تنش خشکی باعث بهبود عملکرد نمی‌شود (Abdolshahi et al., 2015). با توجه به این نتایج توصیه می‌شود در شرایط تنش خشکی، به‌نژادی برای برگ با عرض کم‌تر انجام شود.

رقم مهدوی بیشترین (۱/۳۲) و رقم قدس کمترین (۰/۷۳) میزان لوله‌ای شدن برگ پرچم را داشتند (جدول ۵). لوله‌ای شدن برگ پرچم یکی از صفات مهم گندم در مقابله با تنش خشکی است. ژنوتیپ‌هایی که در مواجهه با تنش خشکی برگ‌های خود را لوله‌ای می‌نمایند تبخیر از سطح برگ را کاهش می‌دهند و تنش خشکی را بهتر تحمل



شکل ۳- خط رگرسیون W_r بر روی V_r برای عرض برگ پرچم. شماره‌های ۱ تا ۹ به ترتیب رقم‌های مهدوی، اکسکلیر، قدس، آذر ۲، شیراز، روشن، کویر، کل‌حیدری و شاه‌پسند را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مقایسه میانگین والدین تلاقی‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵٪

والد	لوله‌ای شدن برگ‌ها	ارتفاع بوته (سانتی متر)	طول پدانکل (سانتی متر)	تعداد کل پنجه‌ها	طول برگ پرچم (سانتی متر)	عرض برگ پرچم (سانتی متر)
مهدوی	۱/۳۲	۸۳/۴۱	۳۳/۶۲	۱۶/۶۶	۲۴/۴۶	۱/۷۵
اکسکیبر	۱/۰۵	۶۱/۵۰	۲۳/۵۰	۱۹/۹۱	۲۰/۴۰	۱/۵۳
قدس	۰/۷۳	۷۳/۰۸	۲۹/۸۷	۲۳/۴۱	۲۵/۹۶	۱/۷۵
آذر ۲	۱/۱۲	۹۳/۲۵	۴۳/۴۶	۲۰/۵۸	۲۳/۲۵	۱/۴۸
شیراز	۱/۱۳	۷۶/۳۳	۳۱/۰۴	۲۲/۵۸	۲۲/۲۹	۱/۷۱
روشن	۱/۰۴	۱۱۱/۵۰	۴۶/۷۵	۲۹/۵۸	۲۲/۰۰	۱/۹۸
کویر	۱/۲۸	۷۴/۸۳	۳۰/۱۰	۱۹/۹۱	۲۴/۰۴	۲/۰۱
کل حیدری	۰/۸۰	۹۱/۵۰	۳۶/۲۵	۲۷/۱۶	۲۲/۲۱	۱/۷۱
شاه پسند	۰/۸۸	۱۱۰/۵۰	۳۹/۰۸	۲۲/۰۰	۲۴/۲۵	۲/۵۳
LSD _{5%}	۰/۳۶	۱۱/۶۳	۶/۲۰	۱۱/۳۹	۴/۴۶	۰/۲۳

توجه به این نتایج توصیه می‌شود برنامه به‌نژادی بر روی صفاتی متمرکز شود که پاسخ به گزینش مناسبی داشته باشند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله از قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات به خاطر حمایت مالی این پروژه سپاسگزاری می‌نمایند.

صفت تعداد کل پنجه‌ها که وراثت‌پذیری خصوصی متوسطی دارد بیشترین درصد پاسخ به گزینش را به خود اختصاص داد (جدول ۴). دلیل این امر تنوع فنوتیپی بالای این صفت است. پس از این صفت طول پدانکل بیشترین درصد پاسخ به گزینش را دارد که بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی را به خود اختصاص داده است. طول برگ پرچم با داشتن وراثت‌پذیری خصوصی و تنوع فنوتیپی پایین کمترین میزان پاسخ به گزینش را به خود اختصاص داد. با

منابع

احمدی جعفر، فابریکی اورنگ صدیقه، زالی عباسعلی، یزدی صمدی بهمن، قنادها محمدرضا، طالعی علیرضا. ۱۳۸۶. مطالعه توارث عملکرد دانه گندم و اجزای آن تحت شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ایران ۱۱(۱): ۲۰۱-۲۱۴.

احمدی جعفر، زالی عباسعلی، یزدی صمدی بهمن، طالعی علیرضا، قنادها محمدرضا، فابریکی اورنگ صدیقه. ۱۳۸۳. مطالعه ژنتیکی خصوصیت ریشه گندم (*Triticum aestivum L.*) در ارتباط با تحمل به خشکی. مجله علوم زراعی ایران ۶(۴): ۴۲۶-۴۳۷.

رامشینی حسینعلی، فاضل نجف آبادی مهدی، بی همتا محمدرضا. ۱۳۹۱. مطالعه توارث برخی صفات در گندم نان با روش دی آلل در شرایط نرمال و تنش خشکی. فصلنامه تحقیقات غلات ۲(۱): ۱-۱۵.

شیرکوند زهرا، ابراهیمی محسن، بی همتا محمدرضا، امیری رضا، نجفیان گودرز، رامشینی حسینعلی. ۱۳۹۱. تجزیه ژنتیکی عملکرد و صفات زراعی گندم نان تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۳(۱): ۶۱-۸۰.

کمالی زاده مجاهد، حسین زاده عبدالهادی، زینالی خانقاه حسن. ۱۳۹۲. توارث برخی صفات کمی گندم نان (*Triticum aestivum L.*) تحت تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۴(۲): ۳۱۷-۳۲۶.

مصطفوی خداداد و ضابط محمد. ۱۳۹۲. مطالعه ژنتیکی عملکرد و برخی صفات زراعی در گندم نان با استفاده از بای پلات داده های دی آلل. مجله به نژادی نهال و بذر ۲۹(۳): ۵۰۳-۵۱۸.

مقصودی مود علی اکبر. ۱۳۹۳. محاسبه درجه لوله شدن برگ گندم نان (*Triticum aestivum L.*) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل تصویر. اولین کنگره بین المللی و سیزدهمین کنگره ملی زراعت و اصلاح نباتات و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر.

Abdolshahi R, Nazari M, Safarian A, Sadathossini TS, Salarpour M, and Amiri H. 2015. Integrated selection criteria for drought tolerance in wheat (*Triticumaestivum L.*) breeding programs using discriminant analysis. *Field Crops Research*. 174: 20-29.

Araus JL, Serret MD, and Edmeades GO. 2012. Phenotyping maize for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology* 3: 1-20.

Baker RJ, 1978, Issues in diallel analysis. *Crop Science* 18: 533 – 537.

Condon AG, Reynolds MP, Rebetzke GJ, Van-Ginkel M, Richards RA, Farquhar GD. 2007. Using stomatal aperture traits to select for high yield potential in bread wheat. *Proceeding of the 7th international wheat conference, Mar del Plata, Argentina*. Springer, Netherlands, pp 617-624.

Condon AG, Richards RA, Rebetzke GJ, Farquhar GD. 2004. Breeding for high water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. 55(407): 2447-2460.

Dhanda SS, Sethi GS, Behl, RK. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stage of plant growth. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 190: 6-12.

Erkul A, Unay A, and Konak C. 2010. Inheritance of yield and yield components in a bread wheat (*Triticumaestivum L.*) cross. *Turkish Journal of Field Crops*. 15:2.137-140.

Falconer DS, Mackay TFC. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th ed. Longman, London.

Feddema JJ. 1999. Future African water resource: Interactions between soil degradation and global warming. *Climate Change*. 42: 561-596.

- Hanson WD. 1959. Minimum family size for the planting of genetic experiments. *Agronomy Journal*. 51: 711-715.
- Hsiao TC, O'Toole JC, Yambao EB, Turner NC. 1984. Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice. *Plant Physiol*. 75: 328.
- Jinks JL. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotianarustica* varieties. *Genetics*. 39: 767-788.
- Jinks JL, Hayman BI. 1953. The analysis of diallel cross. *Maize genetics*. 43: 223-234.
- Landjeva S, Neumann K, Lohwasser U, Börner A. 2008. Molecular mapping of genomic regions associated with wheat seedling growth under osmotic stress. *BiologiaPlantarum*. 52 (2): 259-266.
- Minitab 16 Statistical Software. 2010. State College (PA): Minitab Inc.
- Mohammadi M, Karimzade R, Abdipour M. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland in supplemental irrigation conditions. *Australian Journal of Crop Science* 5(4): 487-493.
- Novoselovic D, Baric M, Drezner G, Gunjaca J, Lalic A. 2004. Quantitative inheritance of some wheat plant traits. *Genetic andMolecular Biology*. 27:1.92-98.
- O'Toole JC, Cruz RT. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. *Plant Physiol*. 65: 428-432.
- Pang J, Palta JA, Rebetzke GJ, Milroy SP. 2014. Wheat genotypes with high early vigor accumulate more nitrogen and have higher photosynthetic nitrogen use efficiency during early growth. *Functional Plant Biology*. 41, 215-222.
- Rebetzke GJ, Richards RA, Condon AG, Farquhar GD. 2006. Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticumaestivum* L.). *Euphytica*. 150:97-106.
- Rebetzke GR, Appels R, Morrison AD, Richards RA, McDonald G, Ellis MH, Spielmeier W, Bonnet G. 2001. Quantitative trait loci on chromosome 4B for coleoptiles length and early vigor in wheat. *Crop and Pasture Science*. 52: 1221-1234.
- Rebetzke GR, Appels R, Morrison AD, Richards RA, McDonald G, Ellis MH, Spielmeier W, Bonnet G.2001. Quantitative trait loci on chromosome 4B for coleoptiles length and early vigor in wheat. *Crop and Pasture Science*. 52: 1221-1234.
- SAS Institute. 2004. Base SAS 9.1 procedures guide. Cary (NC): SAS Institute Inc.
- Singh, G, Nanda, G, and Shou, V. 1998. Gene effects for grains per spike, grain weight and grains per spiklet in a set of nineteen crosses of wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 58: 1, 83-89.
- Sirault XRR, Condon AG, Rebetzke GJ, Farquhar GD. 2008. Genetic analysis of leaf rolling in wheat. *International Wheat Genetics Symposium, Brisbane, Australia*.
- Tuberosa R. 2012. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomic era. *Frontiers in Physiology*. 1-26.
- Yasuo U. 1998. Diall 98 software for diallel analysis. Laboratory of biometrics, graduate school of agriculture life science, University of Tokyo, Japan.

Evaluation genetic inheritance and response to selection of leaf rolling and some drought related traits in bread wheat

R. Ataollahi, R. Abdolshahi*, A.A. Magsoudi Mood

Department of Agronomy and plant breeding, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Abstract

Wheat production has been challenging with drought stress in the most parts of Iran. In drought prone environments, the first strategy is breeding for higher grain yield. Grain yield is strongly affect with genotype by environment interaction, whereas this interaction is comparatively small for the secondary traits. In this research, genetic control of drought related secondary traits such as leaf-rolling were evaluated using 9×9 diallel analysis in a randomized complete block design with three replications in Shahid Bahonar University of Kerman research field. Low Baker ratio (0.25) and narrow sense heritability (0.20) showed the central role of non-additive effects on genetic control of leaf-rolling. Hence, bulk, single seed decent, and double haploid procedures are proposed for breeding this trait. Moreover, flag leaf length, peduncle length and plant height had high narrow sense heritability (0.65, 0.56 and 0.51, respectively) and Baker ratio (0.67, 0.65 and 0.46, respectively). These results showed that pedigree and back cross methods are appropriate for breeding these traits. Total tiller number (22%), peduncle length (19%), flag leaf width (15%) and plant height (14%) had the highest response to selection. This is because of either high phenotypic variability or narrow sense heritability of these traits.

Key words: Degree of dominance, Drought stress, Gene action, Leaf rolling, Response to selection

* Corresponding author: abdolshahi@gmail.com Received: 2015/08/18 Accepted: 2016/08/20